

## EMPREGO DE ELETRODOS DE BAIXO CUSTO NA INVESTIGAÇÃO DE REJEITOS DE LÂMPADAS FLUORESCENTES

Priscila Tamiasso-Martinhon<sup>1</sup>

Fernanda dos Santos Castro<sup>2</sup>

João Marques Teixeira de Souza<sup>3</sup>

Angela Sanches Rocha<sup>4</sup>

Célia Sousa<sup>5</sup>

### Química Ambiental

#### Resumo

As técnicas eletroquímicas se baseiam nas reações de oxirredução, as quais constituem basilamente vários dos métodos utilizados para análises químicas qualitativas e quantitativas. Elas apresentam grande potencial no estudo de impactos ambientais, buscando a preservação e a conservação dos recursos naturais. Um agente nocivo à saúde humana são os lixiviados de lâmpadas fluorescentes, que interferem diretamente na qualidade do meio ambiente, por contaminar corpos d'água e assim, todos os alimentos que entram em contato. Em vista disso, os rejeitos de lâmpadas fluorescentes podem causar impactos ambientais e socioambientais negativos em cascata, provocando desequilíbrio no fluxo de energia entre os seres vivos mais vulneráveis pela contaminação, desencadeando doenças nos seres humanos. Nesse contexto, a aplicação dos métodos eletroquímicos para análise química e controle de poluentes é notória, e se forem desenvolvidas metodologias rápidas e de baixo custo, estas competem com tecnologias de tratamento mais complexas e onerosas. Neste trabalho, foi desenvolvido um eletrodo de pasta de grafite modificado com quitosana para estudar processos cinéticos controlados por transferência de carga e/ou transporte de massa de soluções eletrolíticas (lixiviados) de lâmpadas fluorescentes contendo metais pesados. Além disso, foi realizado um estudo socioambiental de natureza investigativa e esclarecedora sobre a coleta, separação, acondicionamento e destinação final de resíduos de lâmpadas sob a ótica da conscientização ambiental. Os resultados indicaram que os eletrodos modificados rem comportamento reprodutível e que apresentaram uma janela de potencial larga o suficiente para se realizar análises tanto envolvendo processos oxidativos quanto redutores.

Palavras-chave: Métodos Eletroquímicos; Eletrodo Modificado; Quitosana; Metais Pesados.

<sup>1</sup>Dra. em Ciências, Profa. da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – Cidade Universitária, Instituto de Química (IQ), Departamento de Físico-Química (DFQ), pris@iq.ufrj.br; pris-martinhon@hotmail.com.

<sup>2</sup>Licencianda em Química, Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), UFRJ – Cidade Universitária, IQ, nanda.castro97s@gmail.com.

<sup>3</sup>MSc. em Engenharia Química – Colaborador do Grupo Interdisciplinar de Educação, Eletroquímica, Saúde, Ambiente e Arte (GIEESAA), jmts.ufma@gmail.com.

<sup>4</sup>Dra. em Ciências, Profa. da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) – IQ, DFQ, angela.sanches.rocha@gmail.com.

<sup>5</sup>Dra. em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Profa. da UFRJ – Cidade Universitária, IQ, DFQ, sousa@iq.ufrj.br.

## INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais crescem em todo mundo, em consonância com o desenvolvimento tecnológico e aumento populacional. Neste sentido, um dos maiores desafios, encarados tanto pelo poder público quanto pela sociedade, é apresentar e determinar criticamente ações efetivas, a fim de resolver a questão dos resíduos sólidos. Dentre estes resíduos se destacam as lâmpadas fluorescentes (LF), pois são muito danosas se descartadas de forma incorreta. As LF usadas são classificadas como resíduos perigosos de fontes não especificadas – Classe I, sob o código F044, pela Norma ABNT 10.004/04. A classificação dos resíduos segundo essa norma é referente aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, indicando aqueles que devem ter manuseio e destinação mais rigidamente controlados. (SEBALOS; DE MELO, 2019).

Um método convencional utilizado no tratamento de resíduos sólidos provenientes de LF é a lixiviação ácida. Nele, geralmente, se faz uso de soluções preparadas com ácidos fortes, como HCl, HNO<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, de pH muito baixo para a melhor eficiência, extraíndo-se metais. Neste contexto, as técnicas eletroquímicas apresentam grande potencial no estudo e mitigação de impactos ambientais, pois podem ser utilizadas como substituta ou alternativa na identificação, quantificação e degradação de substâncias orgânicas e inorgânicas, sendo utilizada tanto para análise química quanto para deterioração de poluentes, inclusive estes gerados pelas LF. (PFEIFER et al., 2019).

Nestas técnicas podem ser usados os Eletrodos Modificados (EM), obtidos por exemplo pela imobilização de monocamadas eletroativas na superfície de um substrato, promovendo melhoria em suas propriedades, tornando-as mais específicas para determinada aplicação. Esses EM podem ser uma boa alternativa para aplicação no estudo da poluição causada por LF, com a intenção de facilitar os processos de transferência eletrônica e restringir o acesso de determinadas espécies químicas à superfície do eletrodo. A modificação do eletrodo também pode evitar o envenenamento da sua superfície e melhorar suas propriedades, tais como seletividade, sensibilidade, estabilidade e atividade catalítica (TAMIASSO-MARTINHON et al., 2017).

Para essa pesquisa foram confeccionados eletrodos de baixo custo, capazes de

detectar eletroquimicamente metais pesados oriundos da lavagem de LF com soluções ácidas ( $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$  e  $HCl$ ), bem como realizar um estudo socioambiental sobre a coleta, separação, acondicionamento e destinação final de resíduos de lâmpadas, sob a ótica da conscientização social.

## METODOLOGIA

O eletrodo de trabalho foi desenvolvido misturando-se 0,85 g (85% m/m) de grafite em pó com 0,15 g (15% m/m) de óleo mineral de petróleo líquido (Nujol). Esta mistura foi homogeneizada por 30 minutos, gerando uma pasta de carbono, que foi embutida em tubo de vidro sob pressão manual, inserindo-se no final um fio de cobre na pasta, para estabelecer o contato elétrico. Após secagem o eletrodo foi lixado, com lixa d'água de carbeto de silício 1500, para eliminar as irregularidades. Posteriormente, realizou-se a polimerização da quitosana (GD = 87,4%) dissolvendo 2,0 g de quitosana em 200 mL de solução de ácido acético 1% (V/V), sob agitação por 24 h. A quitosana polimerizada foi filtrada a vácuo, para retirar as impurezas, quitina e/ou quitosana que não reagiram durante o processo. A solução polimérica de quitosana obtida foi utilizada para modificar a superfície do eletrodo, através de seu gotejamento sobre a superfície lixada e limpa do eletrodo, e por fim submetida a secagem por 24 h. Para verificar a funcionalidade do eletrodo e garantir sua reprodutibilidade, foram realizados testes eletroquímicos de voltametria cíclica.

O sistema eletroquímico montado para a realização da voltametria cíclica era constituído de três eletrodos, sendo este eletrodo modificado o eletrodo de trabalho, o  $Ag/AgCl$  o eletrodo de referência e a platina como contra-eletrodo. A caracterização do eletrodo de trabalho foi realizada em solução de ferricianeto de potássio e as medidas foram realizadas empregando-se diferentes velocidades de varredura, empregando-se como instrumento o potenciostato/galvanostato AUTOLAB PGSTAT 302N da Metrohm, controlado pela interface Nova 1.11.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os voltamogramas cíclicos apresentados na Figura 3 são típicos de processos reversíveis controlados por difusão. Notam-se picos nas regiões anódica e catódica em

aproximadamente 383 mV e 54 mV, indicando reações de oxidação e redução, respectivamente. Percebe-se, ainda, que o aumento da velocidade de varredura provoca uma diminuição na corrente de pico catódico ( $i_{pc}$ ), deslocando o potencial para regiões mais negativas. Foi verificado igualmente que o aumento da velocidade de varredura provoca aumento na corrente de pico anódico ( $i_{pa}$ ), deslocando o potencial para regiões mais positivas.

Os valores dos parâmetros foram calculados, demonstrando que a corrente de pico anódica ( $i_{pa}$ ) e o potencial de pico anódico ( $E_{pa}$ ) aumentam com o aumento da velocidade de varredura. Os valores para a corrente de pico catódica ( $i_{pc}$ ) e o potencial de pico catódico ( $E_{pc}$ ) são inversamente proporcionais ao aumento da velocidade de varredura. Neste sistema, cujo eletrodo auxiliar utilizado foi o de platina (Pt), observa-se que houve diferenças e um grande aumento nos valores de  $\Delta E_p$ , com o aumento da velocidade de varredura de potencial.

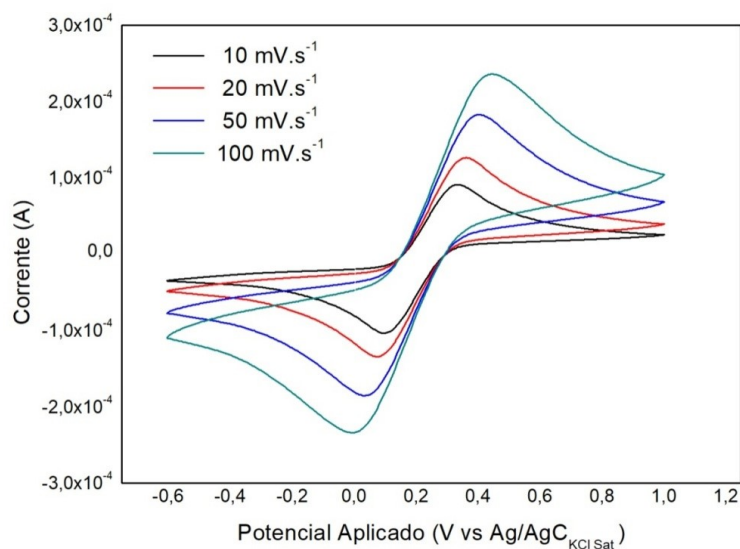


Figura 3 – Voltamogramas cíclicos [ $10^{-2}$  mol.  $L^{-1}$   $K_3Fe(CN)_6$  /  $K_4Fe(CN)_6$  +  $10^{-1}$  mol.  $L^{-1}$  KCl] utilizando um eletrodo de trabalho de grafite modificado com quitosana,  $v = 10, 20, 50$  e  $100$   $mV.s^{-1}$ .

Este comportamento é típico de sistemas irreversíveis ou quasi-reversíveis, pois a diferença entre os potenciais de pico anódico e catódico,  $\Delta E_p$ , para sistemas reversíveis permanecem constantes, à medida que a velocidade de varredura do potencial é aumentada. De uma maneira geral, nas velocidades de varredura 50 e  $100$   $mV.s^{-1}$ , o sistema se comporta como reversível e em velocidades mais baixas, 10 e  $20$   $mV.s^{-1}$ , como quasi-reversível.

Para estudar a natureza eletrolítica do processo sobre a superfície do eletrodo de grafite modificado com quitosana, dois critérios foram utilizados, a saber: as análises das curvas do logaritmo da corrente anódica e catódica em função do logaritmo da velocidade de varredura ( $\log i$  vs  $\log v$ ) e corrente de pico anódica e a catódica em função da raiz quadrada da velocidade de varredura ( $i_p$  vs  $v^{1/2}$ ). Os experimentos se mostraram reprodutíveis para todos os eletrodos confeccionados.

A pesquisa socioambiental sobre a coleta, separação, acondicionamento e destinação final de resíduos de lâmpadas indicou carência de tratamento adequado destes resíduos e que as LF em geral são descartadas juntamente com o lixo doméstico.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Eletrodos de pasta de grafite modificados com filme de quitosana foram confeccionados de forma adequada, gerando corpos de prova com comportamento eletroquímico reprodutível, o que é essencial. O eletrodo apresentou comportamento irreversível ou reversível, dependendo das condições de análise utilizada, o que indica que o sistema pode ser usado para análise de diferentes compostos oriundos de resíduos de LF. A pesquisa socioambiental realizada indica que é necessário um investimento tanto na educação ambiental quanto desenvolvimento de tecnologia sobre as LF.

## AGRADECIMENTOS

Ao PIBIC, ao CNPq e à UFRJ pelo incentivo à pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- PFEIFER, R.; TAMIASSO-MARTINHON, P.; SOUSA, C.; MOREIRA, J. C.; NASCIMENTO, M. A. C.; BAREK, J.; VYSKOCIL, V. The role of 3,4-dihydroxyphenylacetic acid adsorption in the oxidation of homovanillic acid at a glassy carbon rotating disc electrode. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, v. 838, p. 129-135, 2019.
- SEBALOS, R.; DE MELO, F. X. Reciclagem e Descarte de Lâmpadas Fluorescentes. **Revista Diálogos Interdisciplinares**, v. 8, n. 2, p. 12-29, 2019.
- TAMIASSO-MARTINHON, P.; SOUZA, J. M. T.; SILVA, S. M. C.; PESSOA, F. L. P. P.; SOUSA, C. Water treatment: Chitosan associated with electrochemical methods. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 191, p. 012008, 2017.