



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXIX SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2025

SÍNTESE ELETROQUÍMICA DE NANOPARTÍCULAS DE CARBONO FLUORESCENTES PRODUZIDAS COM ELETRODOS DE GRAFITE

Anne Zulu Santos Fernandes¹; Edrian Mania²; Ernando Silva Ferreira²

1. Bolsista – Modalidade Bolsa/PVIC, Graduando em Farmácia, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: fernandes.nshf@gmail.com
2. Colaborador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: emania@uefs.br
3. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: ernando@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: *Carbon Dots*; Nanomateriais; Fluorescência.

INTRODUÇÃO

Os pontos de carbono (*Carbon Dots* – *CDs*) fluorescentes são nanopartículas de carbono com dimensões entre 1 e 10 nm, amplamente reconhecidas devido às suas propriedades ópticas e físico-químicas notáveis, como fluorescência ajustável, alta biocompatibilidade, solubilidade em água e facilidade de síntese [1–4]. Essas características tornam os *CDs* candidatos promissores para aplicações em bioimagem, diagnóstico clínico, sensores de metais pesados, fotocatalise e sistemas de liberação controlada de fármacos [5–9]. Entre as diversas rotas sintéticas, a eletrossíntese tem recebido destaque por ser uma abordagem sustentável, de baixo custo e que não emprega reagentes tóxicos em excesso, diferentemente de rotas hidrotermais ou solvotérmicas convencionais [10–12]. A utilização de eletrodos de grafite como precursores possibilita a geração direta de *CDs* em meio alcoólico ou aquoso, a partir de processos de esfoliação eletroquímica e oxidação superficial, que conferem funcionalização com grupos oxigenados, aumentando sua estabilidade coloidal [13–15]. Além da simplicidade operacional, o processo eletroquímico favorece a formação de *CDs* funcionalizados com grupos hidroxila e carboxila, os quais modulam tanto suas propriedades espectroscópicas quanto sua solubilidade em solventes polares [16–17]. Nesse contexto, compreender as mudanças visuais, estruturais e ópticas durante a síntese é essencial para o controle das propriedades finais, especialmente quando se busca aplicação em sensores fluorescentes de metais pesados, marcadores celulares e sondas de polaridade [18–19]. O presente estudo teve como objetivo sintetizar *CDs* por eletrólise de grafite em solução alcoólica básica, caracterizá-los por técnicas ópticas (UV-Vis e fluorescência), avaliar sua estabilidade coloidal e discutir sua viabilidade para aplicações biotecnológicas e ambientais.

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)

A síntese foi realizada em célula eletrolítica de compartimento único contendo dois eletrodos de grafite de lápis 2B (pureza $\geq 90\%$), posicionados a 2,0 cm de distância. O eletrólito consistiu em solução de etanol anidro com NaOH $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Uma corrente contínua de 45 mA foi aplicada por 2 horas. Após o término da reação, a suspensão

resultante foi filtrada em papel de filtro convencional e, em seguida, submetida à nanofiltração em membrana de *cut-off* de aproximadamente 10 nm, para remoção de agregados e fragmentos maiores. O material obtido foi redisperso em água ultrapura, acondicionado em frascos âmbar e armazenado a $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$. A caracterização foi conduzida por espectroscopia UV-Vis (faixa de 200 – 800 nm) para determinar os picos de absorção e por espectroscopia de fotoluminescência (excitação entre 320 – 400 nm) para análise das propriedades emissivas. Filtros ópticos seletivos (passa-azul, passa-verde e passa-vermelho) foram utilizados para discriminar as emissões em diferentes faixas do espectro visível. Adicionalmente, foi avaliada a estabilidade coloidal por inspeção visual e solubilidade em diferentes solventes, além de testes qualitativos de variação da fluorescência em função da concentração.

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)

Os CDs apresentaram mudanças visuais significativas durante a eletrossíntese. Inicialmente, a solução era límpida, tornando-se gradualmente turva e levemente amarelada após a aplicação da corrente elétrica. Esse comportamento está associado à esfoliação e oxidação do grafite, com formação simultânea de nanopartículas e fragmentos intermediários. O aumento da turbidez foi atribuído ao espalhamento Rayleigh, decorrente de partículas menores, e ao espalhamento Mie, causado por agregados de maior dimensão [13,14]. Após duas horas de reação, a suspensão adquiriu aspecto esbranquiçado-leitoso, característico de sistemas coloidais em nucleação ativa. A subsequente nanofiltração ($\sim 10\text{ nm}$) resultou em suspensão homogênea, variando de tonalidade amarela a alaranjada. Essa coloração reflete o efeito de confinamento quântico: partículas menores apresentaram emissão azul-esverdeada (*blueshift*), enquanto partículas ligeiramente maiores exibiram emissões deslocadas para o laranja (*redshift*) [15–17]. A espectroscopia UV-Vis revelou banda de absorção em torno de 320 nm, atribuída a transições $\pi - \pi^*$ do anel aromático conjugado e a transições $n - \pi^*$ associadas a grupos oxigenados. A emissão máxima observada ocorreu em 440 nm sob excitação em 350 nm, consistente com o comportamento típico de CDs [1,2,16]. A análise de fotoluminescência mostrou que a intensidade da emissão variou em função da concentração da suspensão. Em baixas concentrações, foram observados picos definidos e proporcionais, enquanto em concentrações mais altas ocorreram efeitos de autoextinção (*self-quenching*) e reabsorção interna (*inner filter effect*), fenômenos reportados em sistemas fluorescentes coloidais [17,18]. Além disso, foi evidenciada a dependência das emissões em função da polaridade do solvente, caracterizando o fenômeno de solvatocromia. Meios mais polares (água) induziram *redshift*, enquanto solventes menos polares provocaram *blueshift*, reforçando a relevância da interface superfície–solvente no controle óptico dos CDs [19]. A elevada solubilidade em água, aliada à estabilidade coloidal prolongada, sugere a presença de grupos hidrofílicos ($-\text{OH}$, $-\text{COOH}$) na superfície, os quais favorecem interações eletrostáticas e estabilização estérica, garantindo dispersões homogêneas. Embora não tenham sido aplicadas técnicas de FTIR ou TEM neste estudo, os resultados espectroscópicos estão em concordância com dados da literatura, confirmando a natureza nanométrica e funcionalizada dos CDs [13–16].

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

Neste estudo, pontos de carbono fluorescentes foram sintetizados com sucesso por esfoliação eletroquímica de grafite em meio alcoólico básico, posteriormente redispersos em água. Os CDs apresentaram pico de absorção em 320 nm, emissão em 440 nm sob excitação de 350 nm, excelente estabilidade coloidal e solubilidade em água, além de comportamento óptico sensível à polaridade do meio. Essas propriedades reforçam o potencial desses nanomateriais para aplicações como sondas fluorescentes em bioimagem, sensores de metais pesados e marcadores celulares. A rota eletroquímica demonstrou ser simples, sustentável e eficiente, consolidando-se como alternativa promissora para a produção de CDs com elevada aplicabilidade interdisciplinar.

REFERÊNCIAS

- [1] Lim, S. Y.; Shen, W.; Gao, Z. Carbon quantum dots and their applications. *Chemical Society Reviews*, v. 44, n. 1, p. 362–381, 2015.
- [2] Baker, S. N.; Baker, G. A. Luminescent carbon nanodots: emergent nanolights. *Angewandte Chemie International Edition*, v. 49, n. 38, p. 6726–6744, 2010.
- [3] Zhu, S. et al. Strongly green-photoluminescent graphene quantum dots. *Advanced Materials*, v. 24, n. 36, p. 5234–5239, 2012.
- [4] Hola, K. et al. Carbon dots—emerging light emitters for bioimaging, cancer therapy and optoelectronics. *Nano Today*, v. 9, n. 5, p. 590–603, 2014.
- [5] Li, H. et al. Carbon nanodots: synthesis, properties and applications. *Journal of Materials Chemistry*, v. 22, n. 46, p. 24230–24253, 2012.
- [6] Xu, X. et al. Electrophoretic analysis and purification of fluorescent single-walled carbon nanotube fragments. *Journal of the American Chemical Society*, v. 126, n. 40, p. 12736–12737, 2004.
- [7] Miao, P. et al. Recent advances in carbon nanodots: synthesis, properties and biomedical applications. *Nanoscale*, v. 7, p. 1586–1595, 2015.
- [8] Hola, K.; Bourlinos, A. B.; Zboril, R. Carbon dots—emerging light emitters for bioimaging, cancer therapy and optoelectronics. *Nano Today*, v. 9, n. 5, p. 590–603, 2014.
- [9] Wang, Y.; Hu, A. Carbon quantum dots: synthesis, properties and applications. *Journal of Materials Chemistry C*, v. 2, n. 34, p. 6921–6939, 2014.
- [10] Sun, Y.-P. et al. Quantum-sized carbon dots for bright and colorful photoluminescence. *Journal of the American Chemical Society*, v. 128, n. 24, p. 7756–7757, 2006.
- [11] Zhou, J. et al. An electrochemical avenue to green-luminescent carbon dots. *Journal of the American Chemical Society*, v. 129, n. 14, p. 744–745, 2007.
- [12] Qiao, Z.-A. et al. Commercially activated carbon as the source for the production of carbon quantum dots by chemical oxidation. *Chemical Communications*, v. 46, p. 8812–8814, 2010.
- [13] Li, L. et al. Electrochemical synthesis of multicolor fluorescent carbon nanodots for bioimaging applications. *Journal of Materials Chemistry B*, v. 1, n. 42, p. 6545–6551, 2013.
- [14] Li, X. et al. A facile electrochemical approach to strongly luminescent carbon dots with controlled surface functionalities. *Chemical Communications*, v. 49, p. 11714–11716, 2013.
- [15] Dong, Y. et al. Carbon-based dots co-doped with nitrogen and sulfur for high

quantum yield and excitation-independent emission. *Nanoscale*, v. 6, p. 1120–1125, 2014.

[16] Kang, C. et al. Carbon quantum dots for bioimaging: a review. *Frontiers in Chemistry*, v. 7, p. 1–12, 2019.

[17] Tian, Z. et al. Full-color carbon dots: from energy-band engineering to fluorescence modulation. *Science China Chemistry*, v. 61, p. 490–502, 2018.

[18] Sk, M. P.; Jaiswal, A.; Paul, A.; Ghosh, S. S.; Chattopadhyay, A. Presence of photoluminescent carbon dots in food caramels. *Scientific Reports*, v. 2, p. 383, 2012.

[19] Hola, K. et al. Photoluminescence mechanisms in carbon dots: recent advances, underlying chemistry and future trends. *Nano Today*, v. 9, n. 5, p. 590–603, 2014.