

Síntese de pontos quânticos de carbono para aplicações em *light harvesters*

OTÁVIO BITENCOURT PACHECO¹; NICHOLAS FERNANDES DE SOUZA²;
HENRIQUE EINHARDT MARON³; MARCELLE TAVET DE BARROS⁴; RUBENS
CAMARATTA⁵; FERNANDO MACHADO MACHADO⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – otaviopacheco2001@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – nicholasfs97@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – henriqueeinhardt2002@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – marcelletavet.ufpel@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – rubenscamaratta@yahoo.com.br

⁶Universidade Federal de Pelotas – fernando.machado.machado80@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A urbanização acelerada, o crescimento populacional e os avanços tecnológicos na última década aumentaram exponencialmente a demanda por energia em todo o mundo (THIRUNAVUKKARASU *et al.*, 2022). Cerca de 80% da energia vem de fontes fósseis, mais especificamente petróleo, carvão e gás natural, o que resulta em grandes emissões de gases de efeito estufa, causando grandes impactos ambientais (LU *et al.*, 2020).

Para mitigar esses impactos, os países estão adotando o uso de fontes de energia renováveis, como a solar, a eólica, a biomassa, a geotérmica e a hidroelétrica (QAZI *et al.*, 2019), prevendo-se que essas fontes serão responsáveis por 50% da demanda mundial de energia até 2050 (KABEDE *et al.*, 2022).

Nessa linha, surgem os dispositivos de “colheita de energia” (do inglês, *Energy Harvesters*), que são capazes de transformar a energia do ambiente (energia mecânica e radiação eletromagnética por exemplo) em energia elétrica utilizável (ZHOU *et al.*, 2022), como piezoelétricos, termoelétricos, piroelétricos, fotovoltaicos, entre outros (RYU *et al.*, 2019). Entre esses dispositivos, destacam-se os dispositivos de “colheita de luz” (do inglês, *Light Harvesters*), dispositivos esses capazes de transformar a energia luminosa em energia elétrica (HEDLEY *et al.*, 2017). Para a confecção desses dispositivos podem ser empregados diversos tipos de materiais como, por exemplo, os pontos quânticos (PQ) (CURUTCHET & BENEDETTA, 2017).

PQ são nanomateriais muito interessantes, tendo sido descobertos em 1980 por Alexir Ekimov. Eles são nanopartículas semicondutoras, normalmente, com tamanho inferior a 10 nm, com núcleo inorgânico de metais pesados, como cádmio ou chumbo, o que confere a eles excelentes propriedades ópticas, porém também os tornam tóxicos, impedindo diversas aplicações (HENNA & PRAMOD, 2020). Para contornar esse problema, surgiram os pontos quânticos de carbono (PQC) que possuem um núcleo de carbono, o que confere a eles uma baixa toxicidade, alta biocompatibilidade e ótimo custo-benefício, tornando-os muito interessantes para diversas aplicações, incluindo células solares, bioimagem, administração de fármacos, eletrocatalise, fotocatalise, entre outra (DUA *et al.*, 2023).

Os PQC podem ser sintetizados por duas abordagens, de baixo para cima (*bottom-up*) e de cima para baixo (*top down*) (AZAM *et al.*, 2021). A Figura 1 mostra as duas abordagens para a síntese de PQC.

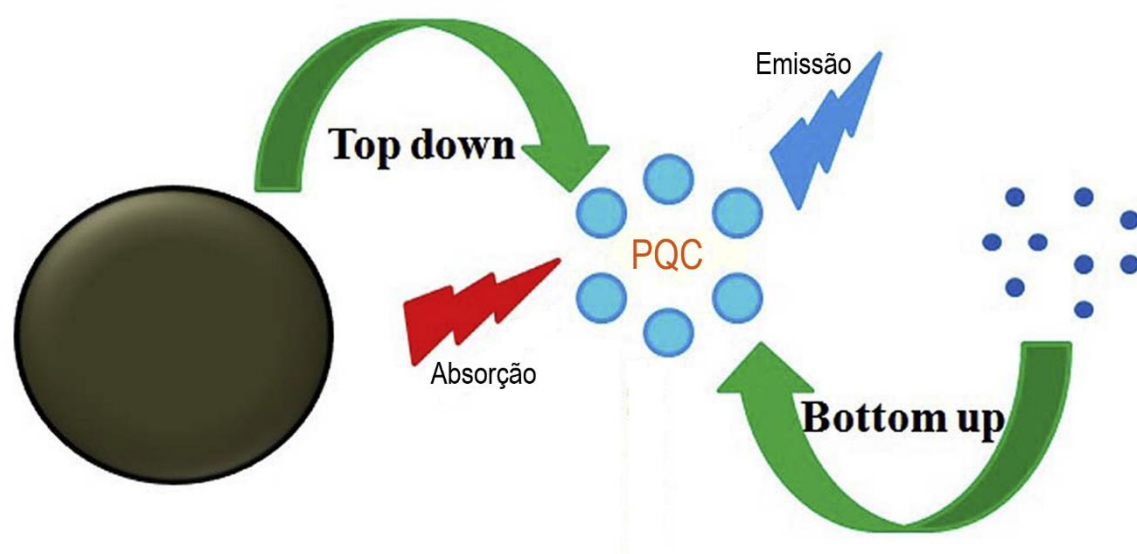


Figura 1: Abordagens para a produção de PQC (Adaptado de DAS *et al.*, 2018).

Na abordagem *bottom-up*, os PQC são formados a partir de precursores menores, como ácido cítrico e sacarídeos, através de rotas como a síntese por micro-ondas (ZHU *et al.*, 2009), pirólise (KRYSMANN *et al.*, 2012), entre outras (RASAL *et al.*, 2021). Já na abordagem *top-down*, os PQC são formados a partir da quebra de estruturas maiores de carbono, como grafite, nanotubos de carbono e biomassas, através de rotas como ablação a laser (HU *et al.*, 2009), hidrotérmica (BHATT *et al.*, 2018), entre outras (LIM *et al.*, 2015).

O objetivo desse trabalho é sintetizar pontos quântico de carbono através da rota hidrotérmica para aplicações em *light harvesters*.

2. METODOLOGIA

A Figura 2 mostra o fluxograma das etapas do trabalho de forma simplificada.

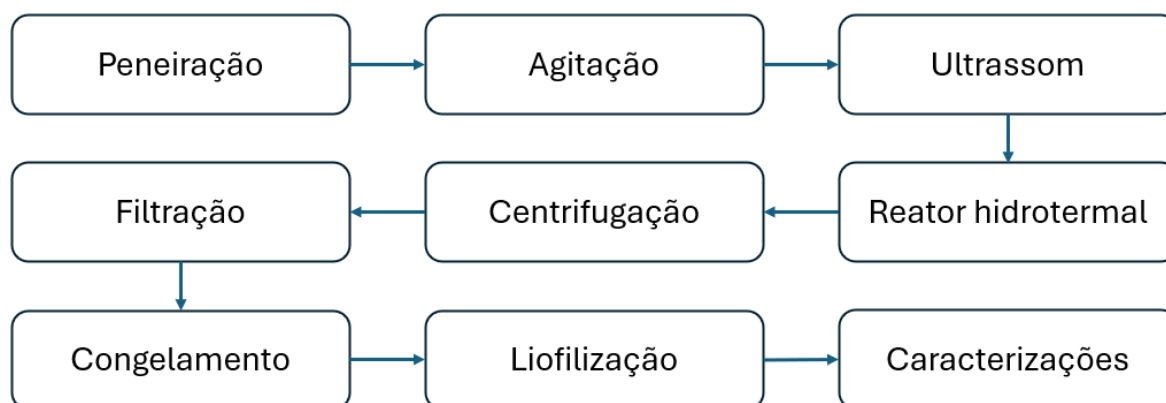


Figura 2: Fluxograma das etapas de síntese deste trabalho.

Primeiramente peneirou-se a biomassa de oliva (precursor de carbono), em seguida pesou-se e misturou-se com água destilada, colocando-se sob agitação seguida por tratamento por ultrassom de ponta, transferindo-se a solução para o reator hidrotérmico logo após o processo. No reator, submeteu-se a solução a altas temperaturas e pressões para sintetizar os PQC. Por fim, a solução foi filtrada, congelada e liofilizada, seguindo então para as caracterizações.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3A mostra o PQC sob luz natural, enquanto a Figura 3B mostra o PQC sob irradiação de uma radiação eletromagnética com comprimento de onda de 360 nm.

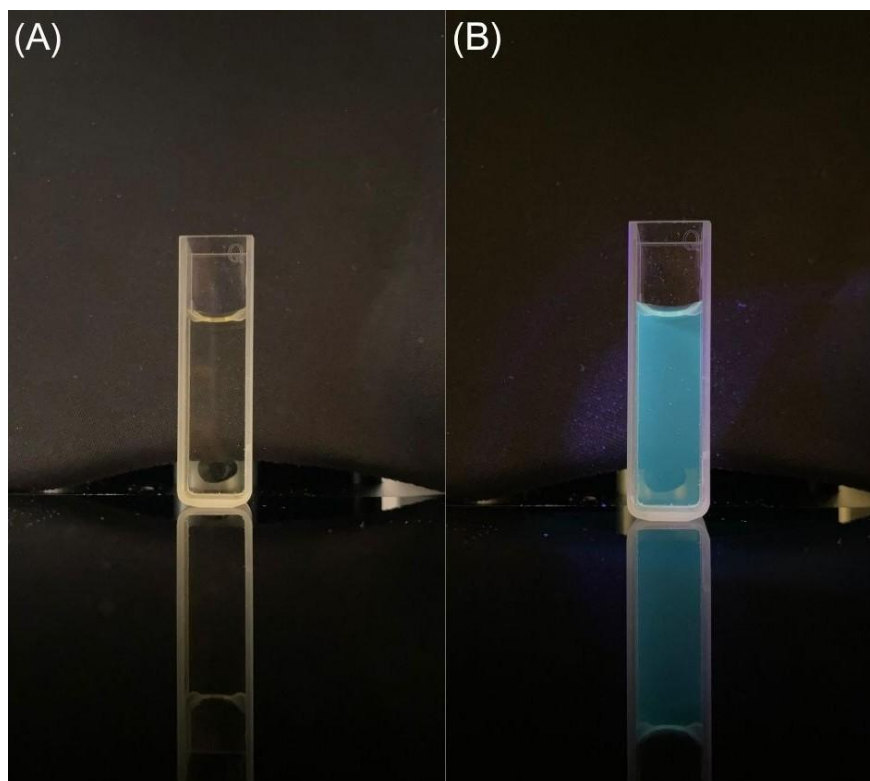


Figura 3: Imagens dos PQC sob luz natural (A) e sob irradiação de 360 nm (B).

Observa-se na Figura 3B, que o PQC possui fluorescência azul quando irradiado com comprimento de onda de 360 nm, o que possivelmente está associado ao seu tamanho de partícula, na ordem de 2 a 5 nm.

4. CONCLUSÕES

Através da metodologia empregada, conclui-se que foi possível sintetizar PQC através da rota hidrotérmica, no qual eles apresentaram uma fluorescência azul, indicando que os PQC sintetizados possuem tamanho entre 2 e 5 nm.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZAM, N. *et al.* Carbon Quantum Dots for Biomedical Applications: Review and Analysis. **Frontiers in Materials**, v. 8, p. 700403, 2021.

BHATT, S. *et al.* Green route for synthesis of multifunctional fluorescence carbon dots from Tulsi leaves and its application as Cr (VI) sensors, bio-imaging and patterning agents. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 167, p. 126-133, 2018.

CURUTCHET, C; MENNUCCI, B. Quantum Chemical studies of light harvesting. **Chemical Reviews**, v. 117, n. 2, p. 294-343, 2017.

DAS, R. *et al.* Carbon quantum dots from natural resource: A review. **Materials today chemistry**, v. 8, p. 96-109, 2018.

DUA, S. *et al.* Stability of carbon quantum dots: a critical review. **RSC advances**, v. 13, n. 20, p. 13845-13861, 2023.

HEDLEY, G. J. *et al.* Light Harvesting for Organic Photovoltaics. **Chemical Reviews**, v. 117, n. 2, p. 796-837, 2017.

HENNA, T. K; PRAMOD, K. Graphene quantum dots redefine nanobiomedicine. **Materials Science and Engineering: C**, v. 110, p. 110651, 2020.

HU, S. L. *et al.* One-step synthesis of fluorescent carbon nanoparticles by laser irradiation. **Journal of Materials Chemistry**, v. 19, n. 4, p. 484-488, 2009.

KABEDE, A. A. *et al.* A comprehensive review of stationary energy storage devices for large scale renewable energy sources grid integration. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 159, p. 112213, 2022.

KRYSMANN, M. J. *et al.* Formation Mechanism of Carbogenic Nanoparticles with Dual Photoluminescence Emission. **Journal of the American Chemical Society**, v. 134, n. 2, p. 747-750, 2012.

LU, Y. *et al.* A critical review of sustainable energy policies for the promotion of renewable energy sources. **Sustainability**, v. 12, n. 12, p. 5078, 2020.

LIM, S. Y. *et al.* Carbon quantum dots and their applications. **Chemical Society Reviews**, v. 44, n. 1, p. 362-381, 2015.

QAZI, A. *et al.* Towards sustainable: Energy: A Systematic Review of Renewable Energy Source, Technologies, and Public Opinions. **IEEE access**, v. 7, p. 63837-63851, 2019.

RASAL, A. S. *et al.* Carbon Quantum Dots for Energy Applications: A Review. **ACS Applied Nano Materials**, v. 4, n. 7, p. 6515-6541, 2021.

THIRUNAVUKKARASU, G. S. *et al.* Role of optimization techniques in microgrid energy management systems-A review. **Energy Strategy Reviews**, v. 43, p. 100899, 2022.

ZHOU, S. *et al.* Multistable vibration energy harvesters: Principle, progress, and perspectives. **Journal of Sound and Vibration**, v. 528, p. 116886, 2022.

ZHU, H. *et al.* Microwave synthesis of fluorescent carbon nanoparticles with electrochemiluminescence properties. **Chemical Communications**, v. 34, p. 5118-5120, 2009.