

## **Projeto para o Programa PIBIC/CNPem**

# **EXPLORAÇÃO DE ESTRUTURAS POROSAS TRIDIMENSIONAIS (3D) BASEADAS EM NANOCELULOSE E FUNCIONALIZADAS COM ÓXIDO DE ZINCO (ZnO) VISANDO O FOTOSSENSORIAMENTO**

Pesquisadora Responsável: Dra. Rubia Figueredo Gouveia  
Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano)

### **INTRODUÇÃO E ESTADO DA ARTE**

Considerando dentre as radiações emitidas pela luz solar, a radiação ultravioleta (UV) é benéfica para a saúde humana até certo grau de exposição, devido à necessidade do corpo humano em produzir vitamina D a partir do UVB. Na maioria dos casos, a sua elevada incidência é a principal causa de câncer de pele na população mundial devido à combinação do UVA+UVB. Portanto, a exposição aos raios de UV torna-se um fator que deve ser muito bem controlado, principalmente em regiões onde a sua incidência é recorrente durante todo o ano e a exposição da população local a esse tipo de radiação acaba sendo inevitável. Nesse contexto, os fotossensores tornaram-se uma poderosa ferramenta para detectar esse tipo de radiação no ambiente e, conseqüentemente, alertar sobre a elevada incidência do UV no meio.<sup>1</sup>

Visando também a questão da sustentabilidade dos sensores, há uma demanda crescente por fotossensores compostos por materiais não tóxicos, de baixo custo que garantam a estabilidade do dispositivo ao longo do tempo. Neste cenário, os sensores contendo óxido de zinco (ZnO) são excelentes candidatos, pois o próprio ZnO é abundante na crosta terrestre, atóxico e apresenta alta viabilidade econômica de extração, sendo dessa forma massivamente investigados no sensoriamento de UV.<sup>1,2</sup>

Um sensor de UV contendo ZnO funciona basicamente a partir da interação entre o óxido e a radiação de UV, em que a incidência de frequência da radiação em torno do UV torna o ZnO um material condutor baseado na criação do par elétron-buraco na sua banda de

condução. Dessa forma, os sensores de UV exigem uma estrutura matricial que permita a total exposição do óxido à radiação de UV.<sup>2-6</sup>

Na literatura, pouco se tem investigado sobre estruturas matriciais contendo ZnO para detecção de UV, sendo basicamente a deposição de suspensões ou síntese de ZnO em superfícies planares.<sup>7,8</sup> Neste sentido, estruturas hierárquicas porosas tridimensionais (3D) baseadas em nanocelulose podem se tornar grandes candidatas como matrizes estruturantes para o ZnO como reportado para outros sistemas baseados em nanocelulose contendo látex.<sup>9</sup> Neste caso, visa-se explorar a porosidade e a elevada área superficial desses sistemas para otimizar a absorção da radiação UV pelo ZnO alinhada à biodegradabilidade, sustentabilidade e flexibilidade proporcionada por materiais celulósicos, os quais são altamente abundantes na crosta terrestre.<sup>10</sup>

## **OBJETIVOS**

Dessa forma, este projeto visa investigar o efeito da morfologia de estruturas hierárquicas porosas 3D baseadas em nanocelulose e ZnO, empregadas no desenvolvimento de sensores de UV, assim como a implicação de rotas de síntese química ou de deposição do ZnO sobre essas estruturas.

### **Objetivos Específicos:**

Obter estruturas hierárquicas porosas 3D baseadas em nanocelulose por *freeze-drying*, denominadas nesse projeto como aerogéis de nanocelulose;

Investigar o processo de funcionalização por rota mecânica ou química dos aerogéis de nanocelulose com ZnO;

Avaliar o efeito da funcionalização desses aerogéis com ZnO, observando a efetiva aderência e recobrimento das nanofibras pelo óxido;

Determinar as propriedades elétricas dos sensores, e avaliar a morfologia desses aerogéis.

## **METODOLOGIA**

Será avaliado a funcionalização das nanoestruturas de celulose incorporadas com ZnO antes ou após a secagem por *freeze-drying* empregando-se rotas mecânicas e químicas de funcionalização.

As nanoestruturas de celulose funcionalizadas serão avaliadas por espectroscopia de infravermelho (FT-IR), espectroscopia de fotoelétrons excitados por raios X (XPS) e difração de raios-X (DRX).

A morfologia dos aerogéis será avaliada por microscopias eletrônica de varredura (MEV) e microtomografia computadorizada de raio-X ( $\mu$ CT), podendo realizar ensaios *in situ*.

O comportamento sensorial dos aerogéis será avaliado pela aplicação de uma tensão elétrica constante ao longo da espuma com a incidência cíclica de radiação UV.

## REFERÊNCIAS

- (1) Lee, M. E.; Armani, A. M. Flexible UV Exposure Sensor Based on UV Responsive Polymer. *ACS sensors* **2016**, *1* (10), 1251–1255. <https://doi.org/10.1021/acssensors.6b00491>.
- (2) Jacobs, C. B.; Ma, A. B.; Muckley, E. S.; Collins, L.; Mahjouri-samani, M.; Ievlev, A.; Rouleau, C. M.; Moon, J.; Graham, D. E.; Sumpter, B. G.; Ivanov, I. N. UV-Activated ZnO Films on a Flexible Substrate for Room Temperature O<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O Sensing. *Sci. Rep.* **2017**, *7*, 6053. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-05265-5>.
- (3) Zhai, T.; Fang, X.; Liao, M.; Xu, X.; Zeng, H.; Yoshio, B.; Golberg, D. A Comprehensive Review of One-Dimensional Metal-Oxide Nanostructure Photodetectors. *Sensors* **2009**, *9* (8), 6504–6529. <https://doi.org/10.3390/s90806504>.
- (4) Sang, L.; Liao, M.; Sumiya, M. A Comprehensive Review of Semiconductor Ultraviolet Photodetectors: From Thin Film to One-Dimensional Nanostructures. *Sensors* **2013**, *13* (8), 10482–10518. <https://doi.org/10.3390/s130810482>.
- (5) Cammi, D.; Ronning, C. Persistent Photoconductivity in ZnO Nanowires in Different Atmospheres. *Adv. Condens. Matter Phys.* **2014**, *2014*, 2–7. <https://doi.org/10.1155/2014/184120> Research.
- (6) Takahashi, Y.; Kanamori, M.; Kondoh, A.; Minoura, H.; Ohya, Y. Photoconductivity of Ultrathin Zinc Oxide Films. *Jpn. J. Appl. Phys.* **1994**, *33* (Part 1, No. 12A), 6611–6615. <https://doi.org/10.1143/JJAP.33.6611>.
- (7) Claro, P. I. C.; Marques, A. C.; Cunha, I.; Martins, R. F. P.; Pereira, L. M. N.; Marconcini, J. M.; Mattoso, L. H. C.; Fortunato, E. Tuning the Electrical Properties of Cellulose Nanocrystals through Laser-Induced Graphitization for UV Photodetectors. *ACS Appl. Nano Mater.* **2021**, *4* (8), 8262–8272. <https://doi.org/10.1021/acsanm.1c01453>.
- (8) Pimentel, A.; Ferreira, S. H.; Nunes, D.; Calmeiro, T.; Martins, R.; Fortunato, E. Microwave Synthesized ZnO Nanorod Arrays for UV Sensors: A Seed Layer Annealing Temperature Study. *Materials (Basel)*. **2016**, *9* (4). <https://doi.org/10.3390/ma9040299>.
- (9) Lorevice, M. V.; Mendonça, E. O.; Orra, N. M.; Borges, A. C.; Gouveia, R. F. Porous Cellulose Nanofibril–Natural Rubber Latex Composite Foams for Oil and Organic Solvent Absorption. *ACS Appl. Nano Mater.* **2020**, *3* (11), 10954–10965. <https://doi.org/10.1021/acsanm.0c02203>.
- (10) Barhoum, A.; Samyn, P.; Öhlund, T.; Dufresne, A. Review of Recent Research on Flexible Multifunctional Nanopapers. *Nanoscale* **2017**, *9* (40), 15181–15205. <https://doi.org/10.1039/c7nr04656a>.