

## FUNCIONALIZAÇÃO DE ESPONJAS MAURITIA FLEXUOSA COM PONTOS QUÂNTICOS PARA DETERMINAÇÃO DE METAIS EM ÁGUAS

**ANA PAULA MARQUES DE OLIVEIRA**<sup>1</sup>; **CHARLIE GUIRMARÃES GOMES**<sup>2</sup>;  
**EMILLY CRUZ DA SILVA**<sup>3</sup>; **MARIANA ANTUNES VIEIRA**<sup>4</sup>;  
**ANDRÉ RICARDO FAJARDO**<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pelotas – [ap\\_marques@outlook.com](mailto:ap_marques@outlook.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pelotas – [charlieggomes@gmail.com](mailto:charlieggomes@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pelotas – [emillycruzds@gmail.com](mailto:emillycruzds@gmail.com)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Pelotas – [maryanavieira@hotmail.com](mailto:maryanavieira@hotmail.com)

<sup>5</sup> Universidade Federal de Pelotas – [drefajardo@hotmail.com](mailto:drefajardo@hotmail.com)

### 1. INTRODUÇÃO

A contaminação por metais potencialmente tóxicos, como chumbo, mercúrio, cádmio e arsênio, tem se tornado uma preocupação crescente em todo o mundo. Esses metais são liberados no meio ambiente principalmente através de atividades industriais, mineração, agricultura e descarte inadequado de resíduos domésticos. Os popularmente conhecidos “metais pesados” são os elementos químicos altamente tóxicos e que podem causar sérios danos à saúde humana.

A extração de minerais frequentemente resulta na liberação de metais tóxicos no solo e na água. Para reduzir a contaminação por metais pesados, é essencial implementar medidas de controle e prevenção, tais como desenvolver e utilizar tecnologias para a remoção de metais pesados do solo e da água.

Os pontos quânticos de carbono (QDs) aparecem como bons candidatos como uma plataforma fluorescente para realizar a detecção química. A abundância de matéria prima baratas, a diversidade de métodos sintéticos disponíveis e as boas propriedades de fotoluminescência são algumas das vantagens dos QDs sobre outros materiais de carbono. QDs funcionalizados em materiais lignocelulósicos (compostos por celulose, hemicelulose e lignina) que são uma biomassa abundante. Esses compostos têm muitos grupos funcionais que podem adsorver certos contaminantes. Dentre estes compostos lignocelulósico, a fibra da palmeira buriti (*Mauritia flexuosa*), é extraída do pecíolo e cresce especialmente na região amazônica, o fruto é amplamente utilizado nas indústrias de alimentos e cosméticos.

### 2. METODOLOGIA

#### 2.1. Síntese de QDs

PEG-400 (10 mL) foi dissolvido em água ultrapura (50 mL) em um bêquer. A solução foi transferida para uma autoclave de aço inoxidável de 150mL revestida com Teflon e aquecida a 120 °C por 24h e então resfriada à temperatura ambiente e testada na luz UV.

### 2.2. Composição do material QDs@biomassa

Para o desenvolvimento do método foi preparado uma solução de NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup>. As fibras foram deixadas por 24 h sobre agitação e após foram lavadas apenas com 50 mL de água ultrapura (sistema Mili-Q®). As fibras foram compostas por policondensação de ácido cítrico, usando KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> como catalisador. Resumidamente, o seguinte procedimento foi usado: ácido cítrico (0,5 g 2,6 mmol), fibras (1 g 0,9 mmol), KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (0,25 g 1,4 mmol) e 25 mL de água ultrapura, foram misturados em um balão de fundo redondo e agitados em banho-maria a 25°C. A mistura foi transferida para uma placa de Petri e aquecida em estufa (140 °C) por 3,5 h, filtrado e seco a 60 °C, no vácuo, durante a noite. Para a preparação das fibras contendo QDs (QDs@biomassa), o mesmo processo foi reproduzido substituindo o solvente, água ultrapura, pela solução de pontos quânticos. O rendimento quântico do material fluorescente obtido foi de 2,7%.

### 2.3. Testes de adsorção

Experimentos em lote foram realizados para comparar a capacidade de QDs@biomassa em adsorver íons Cd(II) e Pb(II). Para os experimentos preliminares de adsorção, uma quantidade de adsorvente (5 mg) foi colocada em uma solução aquosa (5 mL) de um sal do íon metálico em estudo (100 ppm). A solução foi mantida em agitação, a 150 rpm, por 24 h. Em seguida, a solução foi filtrada com filtro de Nylon 0,22 µm (LabFil). Para comparar o precursor e a matriz polimérica com e sem QDs, diferentes parâmetros de adsorção foram avaliados: relação sólido-líquido (0,3 a 3,7 mg), concentração inicial de metais (1 a 15 mg/L) e pH da solução (2,3 a 4,8). Para os últimos experimentos, o pH da solução foi ajustado pela adição de solução de HNO<sub>3</sub> (0,1 mol L<sup>-1</sup>).

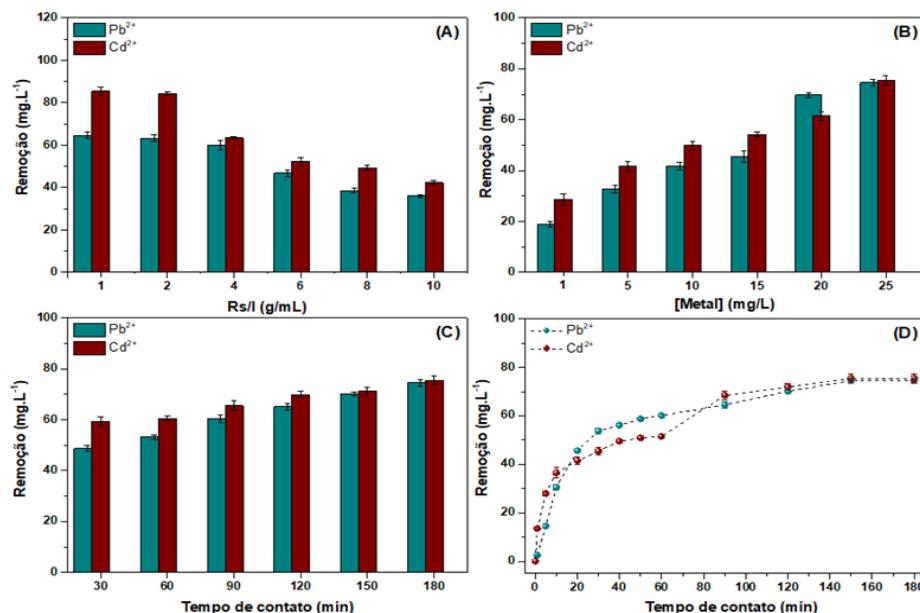
As condições experimentais ideais para o material fluorescente QDs@biomassa foi investigado usando um delineamento composto central (CCDR), 2<sup>3</sup> × 2 com 3 pontos centrais e 6 pontos axiais, totalizando 31 experimentos. Três variáveis independentes foram avaliadas: tempo de contato entre adsorvente e adsorvato (1 a 24 h), dose do adsorvente (1 a 20 mg) e pH do

meio (2 a 5). As variáveis e os níveis utilizados no planejamento fatorial são apresentados na Tabela 6. Os experimentos foram realizados em triplicata de acordo com o software Statistica<sup>®</sup> (StatSoft Inc., EUA) com nível de significância de 95%. Os demais parâmetros experimentais (concentração de espécies metálicas ( $50 \text{ mg L}^{-1}$ ), temperatura ( $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), volume da solução (5 mL) e taxa de agitação (100 rpm)) foram mantidos fixos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimentos de adsorção foram realizados para investigar a adsorção de íons metálicos em adsorventes em QDs@biomassa, usando as condições otimizadas reveladas pela análise CCD, que foram 3 h de contato, 5 mg de adsorvente e pH de 4,8. Os valores  $q_e$  (remoção em  $\text{mg L}^{-1}$ ) são mostrados nas **Figuras 1**. Onde a Figura 1a representa a adsorção considerando a proporção sólido (adsorvente) e líquido (espécie metálica). O melhor resultado encontrado foi  $\text{Rs/l}$  1, o que indica que a proporção adequada de adsorvente e volume de solução a ser remediada é de 1:1.

A Figura 1b traz resultados prévios de testes em diferentes concentrações de metais, onde foi possível notar que o aumento de metais no meio pode permitir uma maior capacidade de adsorção. O que é quimicamente compreensível uma vez que se tem maior número de espécies no meio para remover. Dessa forma é possível inferir que com o aumento da concentração de espécies, é observável o aumento da capacidade de remoção do adsorvente. Na Figura 1c observamos a influência o tempo no processo de adsorção, dado esse que mostra que com o decorrer do tempo, há aumento nos níveis de remoção.



**Figura 1** – Efeitos de diferentes parâmetros na adsorção dos metais frente aos adsorventes baseados em QDs@biomassa.

A cinética de adsorção para remoção de íons metálicos por  $\beta$  QDs@biomassa pode ser observada na Figura 1d. Pode-se observar que os valores de remoção em função do tempo aumentaram rapidamente nos primeiros 170 min de contato para todos os metais testados. Acima de 750 min, os valores de remoção em função do tempo, tendem a atingir o equilíbrio. No geral, as eficiências máximas de remoção de íons  $\text{Cd}^{2+}$  e  $\text{Pb}^{2+}$  em QDs@biomassa foram 86% e 68%. Assim, as capacidades de adsorção e as eficiências de remoção seguiram a ordem  $\text{Cd}^{2+} > \text{Pb}^{2+}$ . Os sítios negativos ao longo da superfície dos adsorventes atraem íons metálicos e a ligação efetiva desse metal aos sítios QDs@biomassa está relacionada às propriedades do adsorvato, como o raio iônico que afeta a mobilidade desses íons em solução. Aqui, o íon  $\text{Cd}^{2+}$  (0,96 Å) exibem o menor raio iônico quando comparado ao  $\text{Pb}^{2+}$  (1,20 Å), levando à conclusão de que, devido a essas características, os íons  $\text{Cd}^{2+}$  foram adsorvidos

#### 4. CONCLUSÕES

Os QDs@biomassa desenvolvidos apresentam capacidade de adsorção de espécies divalentes de Cd e Pb. Os materiais desenvolvidos exibiram vantagens sinérgicas distintas de alta transmitância ótica, excelente robustez mecânica e estabilidade térmica

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gao, X., Du, C., Zhuang, Z., & Chen, W. (2016). Carbon quantum dot-based nanoprobes for metal ion detection. *Journal of Materials Chemistry C*, 4(29), 6927–6945.

Gharekhani, H., Olad, A., Mirmohseni, A., & Bybordi, A. (2017). Superabsorbent hydrogel made of NaAlg-g-poly(AA-co-AAm) and rice husk ash: Synthesis, characterization, and swelling kinetic studies. *Carbohydrate Polymers*, 168, 1–13

Omorogie, M. O., Babalola, J. O., Ismaeel, M. O., McGettrick, J. D., Watson, T. M., Dawson, D. M., Carta, M., & Kuehnel, M. F. (2021). Activated carbon from *Nauclea diderrichii* agricultural waste—a promising adsorbent for ibuprofen, methylene blue and CO<sub>2</sub>. *Advanced Powder Technology*, 32(3), 866–874.