

## REMOÇÃO DE FÓSFORO EM SOLUÇÃO AQUOSA UTILIZANDO BIOCARVÃO DERIVADO DE LODO DE ESGOTO

**MATHEUS DE SÁ FARIAS<sup>1</sup>, RONALDO FIA<sup>2</sup>, MATEUS PIMENTEL DE  
MATOS<sup>3</sup>, THAIS CAROLINE DA CRUZ<sup>4</sup>, GILMAR DE PAULA JUNIOR<sup>4</sup>,  
IVAN CÉLIO ANDRADE RIBEIRO<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Engenheiro Ambiental Sanitarista, Mestrando em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Lavras,  
[matheus\\_desafs@hotmail.com](mailto:matheus_desafs@hotmail.com)

<sup>2</sup>Engenheiro Agrícola e Ambiental, Professor Associado, Universidade Federal de Lavras, [ronaldofia@ufla.br](mailto:ronaldofia@ufla.br)

<sup>3</sup>Engenheiro Agrícola e Ambiental, Professor Adjunto, Universidade Federal de Lavras, [mateus.matos@ufla.br](mailto:mateus.matos@ufla.br)

<sup>4</sup>Graduandos em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Lavras, [thais.cruz@estudante.ufla.br](mailto:thais.cruz@estudante.ufla.br),  
[gilmardp590@gmail.com](mailto:gilmardp590@gmail.com)

<sup>5</sup>Engenheiro Agrícola e Ambiental, Doutorando em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras,  
[ivancelio.ribeiro@gmail.com](mailto:ivancelio.ribeiro@gmail.com)

Apresentado no  
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020  
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

**RESUMO:** Objetivou-se neste trabalho avaliar a capacidade de biocarvão (BC) derivado de lodo de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) na remoção de fósforo. O BC foi preparado em forno tipo mufla, à temperatura de 550°C, por 2 h, sob atmosfera isenta de oxigênio, e a uma taxa de aquecimento média de 4°C min<sup>-1</sup>. Foi conduzido um experimento laboratorial de adsorção com o material produzido, com soluções de fosfato com concentração de 100 mg L<sup>-1</sup> de P. Foi obtido rendimento gravimétrico final médio de 68% e a remoção média de P foi de 7,07 mg g<sup>-1</sup>. Os resultados indicam que é possível aprimorar a remoção de Fósforo dos esgotos com a utilização de subprodutos do saneamento, como os lodos de ETE.

**PALAVRAS-CHAVE:** biossorvente, recuperação de nutrientes, tratamento terciário.

## PHOSPHORUS REMOVAL IN WATER SOLUTION USING SEWAGE SLUDGE BIOCHAR

**ABSTRACT:** The objective of this work was to evaluate the capacity of biochar (BC) derived from sludge from the Sewage Treatment Station (STS) in the removal of phosphorus. The BC was prepared in a muffle furnace, at a temperature of 550 °C, for 2 h, under an oxygen- free atmosphere, and at an average heating rate of 4 ° C min<sup>-1</sup>. An adsorption laboratory experiment was conducted with the material produced, with phosphate solutions with a concentration of 100 mg L<sup>-1</sup> of P. An average final gravimetric yield of 68% was obtained and the average removal of P was 7.07 mg g<sup>-1</sup>. The results indicate that it is possible to improve the removal of phosphorus from sewage with the use of sanitation by-products, such as STS sludge.

**KEYWORDS:** biosorbent, nutrient recovery, tertiary treatment.

**INTRODUÇÃO:** Embora existam diversos métodos de remoção de fósforo (P) de efluentes, ainda é uma tarefa altamente complexa e dispendiosa. Em geral, a remoção de nutrientes em águas residuárias é obtida por meio de processos biológicos, com baixas eficiências. No entanto, segundo Matsubara e Coelho (2018), adsorção é uma das técnicas que vêm sendo utilizadas com frequência para remoção de nutrientes em efluentes, devido à sua viabilidade econômica e facilidade de implementação.

Diante disso, abre-se espaço para pesquisas e têm sido realizados diversos experimentos pelo mundo com o objetivo de se desenvolverem adsorventes eficientes e de menor custo, muitas vezes utilizando resíduos do próprio saneamento como o lodo de estação de tratamento de esgoto (WANG; ZHU; YIN, 2008; HADI et al., 2015). Para que a utilização do lodo seja uma prática viável, no entanto, se faz necessário o desenvolvimento das técnicas de aplicação.

No atual cenário mundial, onde os recursos naturais são cada vez mais escassos e no qual o desenvolvimento tecnológico é notório, é imprescindível a busca pela minimização da geração e desenvolvimento de tecnologias alternativas de aproveitamento de resíduos para um fim mais nobre. Dessa forma, pretendeu-se com este estudo analisar a aplicabilidade do lodo de esgoto na produção de biocarvão (BC) na remoção de fósforo em efluente sanitário.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O lodo de esgoto anaeróbio digerido e adensado foi coletado nos reatores UASB da estação de tratamento de esgoto da Universidade Federal de Lavras (UFLA), campus Lavras.

O lodo de ETE foi seco ao ar, em leito de secagem, até alcançar teor de água próximo a 50%. Posteriormente, foi destorroado, seco em estufa a 105°C até peso constante, triturado e peneirado em tamanho uniforme inferior a 0,5 mm.

O BC foi preparado colocando-se 20 g de pó de lodo seco em cadinho, em quintuplicata, tampado com outro cadinho invertido, em forno tipo mufla, sob atmosfera inerte, a uma taxa de aquecimento média de 4°C min<sup>-1</sup> até alcançar 550°C e permanecendo na temperatura máxima por 2 h (pirólise lenta).

A fim de avaliar as propriedades de adsorção do Fosfato, foi conduzido um experimento de adsorção em laboratório. Para preparo da solução aquosa de P, foi utilizado fosfato de potássio monobásico (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, com pureza de 99,0%). Dessa forma, foram preparadas soluções de fosfato com concentração de 100 mg L<sup>-1</sup> de P e avaliadas a adição de 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 0,75 e 1 g de adsorvente. Assim, alíquotas da solução de P (40 mL), sem ajuste do pH da solução inicial, foram adicionadas para cada material em tubos falcon de 50 mL. Os tubos foram postos em um agitador de Wagner (TE-160) a 60 rpm por 24 h em temperatura ambiente. O sobrenadante das amostras foi filtrado com filtro de papel qualitativo (porosidade de 3 micras – gramatura de 80 g m<sup>-2</sup>) e feita a leitura de pH do meio e fosfato a 725 nm em espectrofotômetro digital UV/VIS, pelo método do ácido ascórbico (APHA; AWWA; WEF, 2005). As análises foram realizadas no Laboratório de Águas Residuárias e Reúso de Água e no Laboratório de Geotecnia Ambiental e Resíduos Sólidos, no Núcleo de Engenharia Ambiental, no Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento (DRS) da UFLA.

Foi realizada análise qualitativa e quantitativa das amostras utilizando o Sistema de Microanálise de Raios X (Bruker) acoplado ao Microscópio Eletrônico de Varredura (Leo Evo 40 XVP), no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura e Análise Ultraestrutural (LME), Departamento de Fitopatologia (DFP) da UFLA. As amostras foram colocadas sobre a superfície do suporte de alumínio com fita de carbono dupla face e coberto com uma fina camada de carbono em um evaporador (CED 020 Baltec). As análises foram realizadas a uma tensão de 20 kV, pressão a vácuo 9,0.10<sup>-4</sup> Pa e a ampliação de 200x.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** O rendimento do biocarvão foi 68% do peso original do lodo de esgoto bruto, superior ao obtido por Lu et al. (2013) na China, que obtiveram

resultados entre 15 e 12% para biocarvões derivados de lodo de ETE produzidos a temperaturas variando entre 300 e 600°C, respectivamente.

Conforme observa-se por meio das Figuras 1 e 2, para 1 g de material foi possível remover todo o fósforo da solução. A sorção média de P foi de 7,07 mg por grama de biocarvão. Os valores médios de pH do BC durante ensaio variaram entre 4,3 e 5,1.

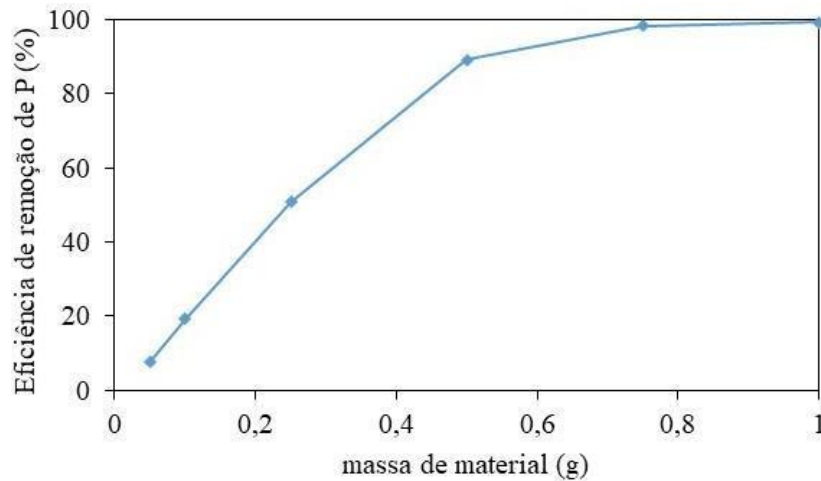


FIGURA 1. Eficiência de remoção de P pelo biocarvão derivado de lodo de ETE para solução de P de 100 mg L<sup>-1</sup>.

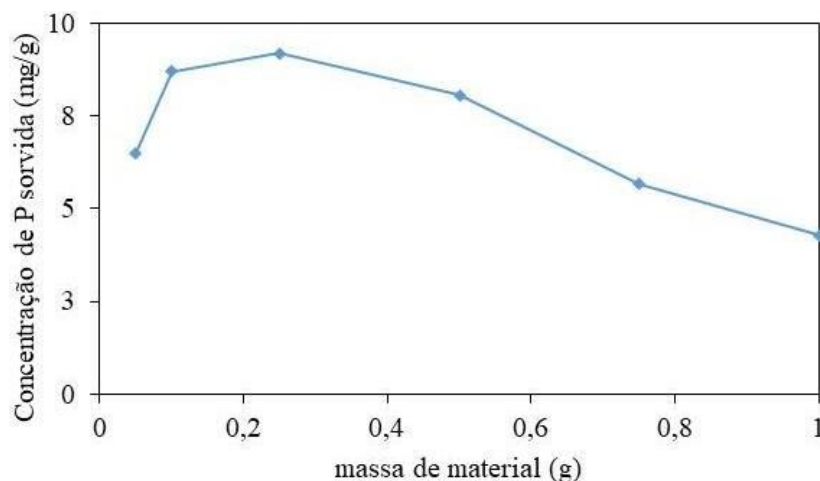


FIGURA 2. Concentração de P sorvida pelo biocarvão derivado de lodo de ETE para solução de P de 100 mg L<sup>-1</sup>.

Segundo Yu et al. (2015), a presença de alumínio, ferro e cálcio no resíduo da pirólise do lodo pode facilitar a adsorção de fósforo. Farias (2018) realizou a caracterização do lodo da ETE/UFLA proveniente dos reatores UASB e encontrou teores de ferro e alumínio elevados, nas concentrações de 60.892,0 mg kg<sup>-1</sup> e 47.986,0 mg kg<sup>-1</sup>, em base seca, respectivamente. A presença destes elementos também pode ser visualizada a partir da análise da composição do biocarvão em microanálise de raios X (Tabela 2).

Segundo Hadi et al. (2015), a capacidade de adsorção de poluentes dos adsorventes derivados do lodo de esgoto não é governada apenas pelas propriedades texturais do adsorvente, mas também por suas propriedades de superfície, tais como os grupos funcionais e a carga superficial.

Lee et al. (2018) avaliaram os efeitos da impregnação de Ferro em biocarvão derivado de lodo granular anaeróbico e constataram que a capacidade de adsorção de Fosfato aumentou, reduzindo também o tempo de processamento para a síntese de adsorvente. Os autores obtiveram remoção de até 10,37 mg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> g<sup>-1</sup> em solução aquosa.

TABELA 2. Composição elementar percentual obtida por EDS das amostras BC, antes (BC) e após (BC-P) a adsorção de fósforo (ampliação de 200x).

Elemento	Composição (%)	
	BC	BC-P
Oxigênio	38,29	38,25
Flúor	1,09	2,47
Alumínio	21,56	20,85
Silício	10,65	13,2
Enxofre	2,38	-
Cálcio	2,42	-
Ferro	23,61	24,88
Fósforo	-	0,35

Yang et al. (2018) avaliaram a eficácia e mecanismos de adsorção de fosfato em biocarvão, derivado do lodo de esgoto, modificado com ferro. Diferentes íons de ferro (Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup>) foram testados para avaliar a melhora da capacidade de adsorção de fosfato no biocarvão. Os resultados indicaram que o biocarvão impregnado com FeCl<sub>3</sub> exibiu capacidade de adsorção de fosfato muito superior (111,0 mg g<sup>-1</sup>) em todas as amostras preparadas e teve bom desempenho mesmo sob as interferências com o pH e os íons coexistentes.

**CONCLUSÕES:** A conversão de lodo em biocarvão pode eliminar custos de tratamento adicional e produzir adsorventes com boa capacidade de sorção com menor custo que carvões ativados comerciais.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem à CAPES, à FAPEMIG, à DQMA/UFLA, e ao LME/UFLA.

## REFERÊNCIAS:

- APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21<sup>a</sup> ed. Washington: American Public Health Association. 1082 p., 2005.
- FARIAS, M. S. **Potencial Agrícola do lodo gerado nos reatores UASB da Estação de Tratamento de Esgoto da UFLA**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Lavras, 47 p., 2018.
- HADI, P. et al. A critical review on preparation, characterization and utilization of sludge- derived activated carbons for wastewater treatment. **Chemical Engineering Journal**, v. 260, p. 895-906, 2015.
- LEE, M. E. et al. Adsorption characteristics of arsenic and phosphate onto iron impregnated biochar derived from anaerobic granular sludge. **Korean J. Chem. Eng.**, v. 35, n. 7, p. 1409- 1413, 2018.
- LU, H.; ZHANG, W.; WANG, S.; ZHUANG, L.; YANG, Y.; QIU, R. Characterization of sewage sludge-derived biochars from different feedstocks and pyrolysis temperatures. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 102, p. 137-143, 2013.
- MATSUBARA, M. E.; COELHO, L. H. G. Evaluation of the Use of Fly Ash as a Low Cost Technology for Phosphorus Removal in Wastewater Treatment. **Rev. Ambient. Água**, v. 13, n. 3, p. 1-14, 2018.
- WANG, X.; ZHU, N.; YIN, B. Preparation of sludge-based activated carbon and its application in dye wastewater treatment. **Journal of Hazardous Materials**, v. 153, p. 22–27, 2008.
- YANG, Q. et al. Effectiveness and mechanisms of phosphate adsorption on iron-modified biochars derived from waste activated sludge. **Bioresource Technology**, v. 247, p. 537-544, 2018.
- YU, G. et al. Efficient removal of phosphorus in bioretention system by sludge pyrolysis residue. **Arab J Geosci**, v. 8, p. 3491–3499, 2015.