

CONSTRUÇÃO DE BANCADA DIDÁTICA AUTOMATIZADA PARA USO EM ENSAIO DE ADSORÇÃO DE POLUENTES POR ÓXIDOS DE FERRO SINTÉTICO.

RAFAEL FURLAN RODOLPHO¹, JEFFERSON SUSSUMU DE AGUIAR HACHYA²,
AUGUSTO LUENGO PEREIRA NUNES³, DANIELE ALBUQUERQUE⁴, MARCELO HIDEMASSA
ANAMI⁵

¹ Discente, Instituto Federal do Paraná – IFPR, Rua João XXIII, 600, CEP 86.060-37- Londrina, rafaelrodolpho@gmail.com.

² Docente, Instituto Federal do Paraná – IFPR, Rua João XXIII, 600, CEP 86.060-37- Londrina, jefferson.hachiya@ifpr.edu.br.

³ Docente, Instituto Federal do Paraná – IFPR, Rua João XXIII, 600, CEP 86.060-37- Londrina, augusto.nunes@ifpr.edu.br.

⁴ Bióloga, Instituto Federal do Paraná – IFPR, Rua João XXIII, 600, CEP 86.060-37- Londrina, daniele.albuquerque@ifpr.edu.br.

⁵ Docente, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Av. dos Pioneiros 3131, CEP 86.036-370 Londrina, mhanami@utfpr.edu.br.

Apresentado no
XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

RESUMO: O processo de adsorção de contaminantes por óxidos de ferro é influenciado por diversos fatores, sendo o pH uma delas. Assim o controle do pH pode garantir uma maior eficiência na adsorção de poluentes como o fosfato. Este trabalho teve por objetivo construir uma bancada didática automatizada para a adsorção de fosfato por óxido de ferro sintético utilizando a plataforma de prototipação denominada “*Arduino*”. Os materiais utilizados para a construção estão disponíveis em laboratórios de química e o “*Arduino*” esta disponível no mercado, a baixo custo. A programação e configuração do “*Arduino*” utiliza plataforma eletrônica de código aberto. Para validação do sistema foi realizado ensaio de adsorção utilizando goethita sintética na concentração de 100 mg.L⁻¹, solução de fosfato na concentração de 50 mg.L⁻¹ e pH inicial 6,5. Os resultados mostraram que o pH em média após o controle ficou ao redor de 3,9 e a eficiência na adsorção em 70% com tempo de detenção hidráulica de 3,0 horas. Conclui-se que o controlador de pH funcionou de forma altamente satisfatória e que o baixo custo e facilidade na aquisição de outros controladores baseados na plataforma “*Arduino*” estimulam melhorias no sistema.

PALAVRAS-CHAVE: *Arduino*, goethita, fosfato.

CONSTRUCTION OF AN AUTOMATED DIDACTIC BENCH FOR USE IN THE TEST OF ADSORPTION OF POLLUTANTS BY SYNTHETIC IRON OXIDES

ABSTRACT: The process of adsorption of contaminants by iron oxides is influenced by several factors, being the pH one of them. Therefore, the pH control can guarantee a greater efficiency in the adsorption of pollutants like the phosphate. This work aimed to build an automated didactic bench for the adsorption of phosphate by synthetic iron oxide using the prototyping platform called “*Arduino*”. The materials used in the construction are available in chemistry laboratories and the “*Arduino*” is available in the market, at low costs. The programming and configuration of the “*Arduino*” uses open-source electronic platform. For the validation of the system, an adsorption test was performed using synthetic goethite at the concentration of 100 mg.L⁻¹, phosphate solution at a concentration of 50 mg.L⁻¹, and initial pH of 6.5. The results showed that the average pH after the control was around 3.9 and the adsorption efficiency in 70% with hydraulic retention time of 3.0 hours. It was concluded that the pH controller worked in a highly satisfactory manner and that, the low cost and ease in acquiring other controllers based on the “*Arduino*” platform, stimulate improvements in the system.

KEYWORDS: *Arduino*, goethite, phosphate.

INTRODUÇÃO:

O fósforo é décimo elemento mais abundante na natureza, quando carregado do solo para as águas superficiais devido a processos erosivos, causa a proliferação de algas, e a deterioração do oxigênio em tais biomas. Este processo é conhecido como eutrofização, que põe a vida aquática em risco, causando problemas como a morte de peixes, inviabilidade de consumo da água (DANIEL; SHARPLEY; LEMUNYON, 1998) e toxidez de plantas (FERREIRA, 2012).

Sendo o fósforo (P) um nutriente limitante, em baixas concentrações, o crescimento populacional das algas é baixo. Já com a elevação da concentração de P, o crescimento populacional também aumenta (VON SPERLING, 1996).

A elevada afinidade que óxidos de ferro têm pelo íon fosfato os torna importantes para remoção deste elemento das águas residuárias ricas em fosfatos, além do fato de que posteriormente estes podem ser separados por processos físico-químicos.

Uma ligação de alta energia, de natureza covalente, pode se estabelecer entre o fósforo com o ferro, dentre outros elementos. Essa ligação pode ocorrer em solução com íons formando precipitados ou pela adsorção dos fosfatos na superfície de partículas de argila, ou de óxidos de ferro (CALDAS et al., 2009).

O tratamento da água residuária ricos em fosfatos envolve o controle de seu pH para elevar a sua adsorção por goethita (α -FeOOH). Para que este transcorra automaticamente e de modo viável ao produtor, acredita-se que a plataforma de prototipação *Arduino* seja a melhor opção para o desenvolvimento de um sistema automatizado, por garantir um baixo custo e praticidade à prototipação.

O *Arduino* é uma plataforma eletrônica de código aberto. A placa é capaz de utilizar suas entradas para receber os valores que determinados sensores obtém, utilizando esses dados, por exemplo, no acionamento de motores, na utilização de LEDs, na publicação de algo online.

Para programar a placa, é necessária a IDE (Integrated Development Environment) do *Arduino*, que é multi-plataforma e pode ser instalada em diferentes sistemas operacionais, com versões online e offline. Além disso, a linguagem *Arduino* pode ser expandida através de bibliotecas de C++ (*Arduino*, 2017).

No quesito prototipação, o *Arduino* apresenta uma viabilidade maior que os microcontroladores. Santos et al. (2013) realizando uma comparação entre o *Arduino* e o microcontrolador PIC, determinou que a praticidade do *Arduino* ocorre principalmente pelo fato de seus circuitos já estarem montados. Já na plataforma PIC, é necessária a configuração de cada periférico, o que envolve o conhecimento sobre o modo de operação e comunicação com o microcontrolador, além de conhecimentos prévios em eletrônica.

Este trabalho tem por objetivo desenvolver um protótipo para o tratamento automatizado da solução de fosfato através da adsorção de fosfato controlada pela plataforma de prototipação denominada "*Arduino*".

MATERIAL E MÉTODOS:

A montagem do sistema consistiu em uma bancada de madeira com *beckers* de plástico para conter os líquidos como a solução de fosfato, a goethita, o ácido e a base. Visto que é necessário que a solução de fosfato e a goethita sejam constantemente agitadas, foram utilizados *coolers* para a construção de agitadores magnéticos. Utilizou-se um *cooler* para a solução de fosfato, e outro para a goethita. A alimentação de ambos se deu por uma fonte de computador, com suas velocidades podendo ser controladas por um mesmo potenciômetro. Por fim, em cada *cooler* foi fixado um ímã, e dentro dos *beckers* de solução de fosfato e goethita foram dispostos uma barra magnética para agitador magnético.

Para que ocorresse a adsorção, foi necessário um tubo de plástico que une a solução de fosfato à goethita. A bomba peristáltica utilizada funciona sem a necessidade de interrupções e nem de alterações de velocidade, ou seja, a adsorção estará ocorrendo de maneira constante. A alimentação dessa bomba também se dá pela fonte de computador. O pH da solução de fosfato precisou ser controlado para que a adsorção pudesse ter maior eficiência, foram necessárias eventuais adições de ácido ou base à solução de fosfato. Assim uma tubulação de plástico que liga os *beckers* do ácido e da base ao *becker* da solução de fosfato foi instalada.

Para que o controle do pH fosse automatizado, um pHmetro foi inserido à solução de fosfato. Além disso, duas bombas peristálticas, uma para o ácido e outra para a base, são utilizadas para adição dessas substâncias à solução de fosfato, e também são alimentadas pela fonte de computador.

Um *Arduino UNO* fez o controle dessas duas bombas com base na leitura do pHmetro. A modelagem do circuito foi feita através do software gratuito *Fritzing Beta* (FRIENDS OF FRITZING FOUNDATION, 2017). A base das ligações entre os periféricos foi feita em uma *protoboard*, que possibilitou que os componentes fossem utilizados com a mesma fontes de energia através de ligações em paralelo.

A programação do *Arduino* sucedeu conforme os conceitos de Manzano e Oliveira (2005), nos quais o computador é utilizado para solucionar problemas que envolvam a manipulação de informações. No caso deste protótipo, os dados fornecidos pelo pHmetro são parâmetros para o funcionamento das bombas peristálticas. A linguagem de programação utilizada foi a própria do *Arduino*, que envolveu também conceitos de C e C++. A IDE utilizada também foi a própria do *Arduino*.

Para validação do sistema foi feito realizado ensaio de adsorção contínuo utilizando goethita sintética e solução pura de fosfato.

A síntese da goethita foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Schwertmann e Cornell (2000). A análise química foi feita em Espectrômetro de fluorescência de Raios-X por energia dispersiva (EDX) modelo Shimadzu EDX-7000, pertencente ao laboratório de física Instituto Federal do Paraná - Campus Londrina. A caracterização mineralógica foi feita em um difratômetro de raios-X, em equipamento Shimadzu XRD 6000, pertencente ao COMCAP – Complexo de Centrais de Apoio a Pesquisa da Universidade Estadual de Maringá. Foi utilizada radiação Co K α em passo de varredura (0,02 °2 θ , 2s).

A determinação da adsorção de fósforo foi feito segundo descrito por Villar et al. (2010). Batelada, com 12 g de goethita sintética colocada em becker de 2000 mL que recebeu solução de KCl 0,01M. Em outro becker foi colocado fosfato na concentração de 50 mg na forma solúvel em solução de KCl 0,01M. Uma alíquota de 10 mL foi coletado no final da linha a cada 3 horas totalizando 18 horas de ensaio, centrifugadas durante 10 minutos à 3000 rpm e então foi realizada a determinação dos íons remanescentes da solução sobrenadante através do método colorimétrico (EMBRAPA, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

O controle dos *cooler* para a goethita e outro para a solução de fosfato utilizam um mesmo potenciômetro e a mesma fonte de computador para a alimentação. O funcionamento das bombas peristálticas, por se tratar de um funcionamento contínuo, sem interrupções ou alterações de velocidade, a modelagem para as ligações elétricas dessa bomba envolveu poucos componentes no circuito.

A instalação do controlador do pH, mostrou que o circuito mereceu enfoque ao longo da modelagem das ligações entre os componentes, pois envolve a automatização através do software *Fritzing Beta* (FRIENDS OF FRITZING FOUNDATION, 2017).

Os resultados da análise química por EDX para goethita foram: Fe-99,32%; Mn-0,364%; Zn-0,313%, estes resultados são compatíveis com a pureza dos reagentes utilizados.

Os resultados dos difratogramas de Raio-X para o composto sintetizado, possuem os picos característicos e intensidades compatíveis com o padrão ICDD-PDF: 081-0464 para goethita (JCPDS, 2003).

Para validação do sistema de controle, foi realizada avaliação de adsorção a cada 3 horas de funcionamento, produzindo os resultados de eficiência na adsorção ao redor de 70%.

A eficiência na remoção ficou abaixo do esperado que seria acima de 90%, conforme obtido por Rodolpho et al. (2017), devido ao baixo tempo de retenção que foi de 3 horas.

A explicação para a eficiência na adsorção de fosfato por óxidos de ferro diz respeito ao ponto de carga zero (PCZ), definido como o ponto onde cargas positivas e negativas se equilibram abaixo da qual os minerais adsorvem ânions e acima adsorvem cátions (SPOSITO, 2008). Explica o fato da adsorção do fosfato ficar acima dos 70,0% para goethita pois a goethita tem um PCZ = 9,0, (CORNELL E SCHWERTMANN, 2003).

O pH da solução de fosfato inicial era de 6,5 e durante a realização do ensaio ficou ao redor de 3,9.

CONCLUSÕES:

O controlador de pH funcionou de forma altamente satisfatória e que o baixo custo e facilidade na aquisição de outros controladores baseados na plataforma “*Arduino*” estimulam melhorias no sistema.

AGRADECIMENTOS:

Ao Conselho Nacional Científico e Tecnológico (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Instituto Federal do Paraná (IFPR), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), COMCAP – Complexo de Centrais de Apoio a Pesquisa da Universidade Estadual de Maringá e Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo apoio financeiro ao projeto.

REFERÊNCIAS:

- ARDUINO FOUNDATION. **What is Arduino?** Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 22 jun. 2017.
- CALDAS, A. M. et al. Adsorção de fósforo em nitossolo vermelho da Zona da Mata Sul de Pernambuco. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 9., 2009, Recife. **Anais...** Recife: UFRPE, 2009.
- CORNELL, R.M.; SCHWERTMANN, U. **The iron oxides: structure, properties, reactions, occurrence, and uses.** Weinheim: Wiley VCH, 2003. 664p.
- DANIEL, T. C.; SHARPLEY, A. N.; LEMUNYON, J. L. Agricultural phosphorus and eutrophication: a symposium overview. **Journal of Environmental Quality**, v. 27, n. 2, p. 251-257, Mar./Apr. 1998.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro 212 p, 1997. (EMBRAPACNPS. Documentos, 1).
- FERREIRA, D. C. **Pós-tratamento de água residuária da suinocultura em sistemas alagados construídos combinados.** 2012. 227 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- FRIENDS OF FRITZING FOUNDATION. **Fritzing Beta.** Disponível em: <<http://fritzing.org/home/>>. Acesso em: 5 out. 2017.
- JOINT COMMITTEE ON POWER DIFFRACTION STANDARDS – JCPDS. **International Center for Diffraction Data**, 081-0464, 2003
- MANZANO, J. A. N. G.; OLIVEIRA, J. F. **Algoritmos: lógica para desenvolvimento de programação de computadores.** 17. ed. Érica, 2005.
- RODOLPHO, R. F. ; HACHIYA, J. S. A. ; ESTEVAM, M. ; ALBUQUERQUE, D. ; ANAMI, MARCELO HIDEMASSA . **Adsorção e dessorção de fosfato em água residuária de suinocultura por óxidos de ferro sintético.** In: Prof. Dr. David Luciano Rosalen, Prof. Dr. Cristiano Zerbato, Prof. Dr. José Eduardo Pitelli Turco.. (Org.). A importância da Engenharia Agrícola para a segurança alimentar. 1ed. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2017, v. Unico, p1-9.
- SANTOS, E. S. et al. Utilização de arduino na aprendizagem de sistemas embarcados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 41., 2013, Gramado. **Anais....** Gramado: ABENGE, 2013.
- SCHWERTMANN, U. & CORNELL, R.M. **Iron oxides in the laboratory. Preparation and characterization.** New York, VCH Publ, 2000. 156p.
- SPOSITO, G. **The chemistry of soils.** 2.ed. New York: Oxford University Press, 2008. 330p.
- VILLAR, C. C.; COSTA, ACS, HOEPERS, A., SOUZA JUNIOR, I. G. DE. Capacidade máxima de adsorção de fósforo relacionada a formas de ferro e alumínio em solos subtropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Impresso), v.34, p. 1059-1068, 2010.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 1996.