

TRATAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA CONTAMINADA COM ARSÊNIO UTILIZANDO BARREIRAS REACTIVAS PERMEÁVEIS

António Fiúza*¹, Aurora Silvai², Aurora Futuro³

^{1,3}Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Centro de Investigação em Geo-Ambiente e Recursos (CIGAR) - Porto, Portugal

²Instituto Superior de Engenharia, Instituto Politécnico do Porto, Porto

*Email: afiuza@fe.up.pt

RESUMO

Apenas nos últimos dez anos foram desenvolvidas tecnologias *in-situ* para tratamento de água subterrânea contaminada com arsénio: fundamentalmente existem três alternativas: as barreiras reactivas permeáveis (RPB), o tratamento químico *in-situ* e a electrocinética. As barreiras reactivas permeáveis são construídas de forma a terem uma condutividade hidráulica superior à do aquífero contaminado, interceptando a sua trajectória, eventualmente com o auxílio de barreiras impermeáveis adjuntas, e são constituídos por um meio poroso inerte (areia) ao qual se adiciona um reagente sólido com capacidade de retenção do arsénio. Desenvolveram-se até ao presente quatro tipos de barreiras: a) com um sorbente específico preparado, b) com ferro elementar, c) com escórias de ferro e d) barreiras compósitas constituídas por material orgânico e ferro elementar.

Na construção das barreiras reactivas permeáveis tem-se utilizado ferro elementar, ferro nanoparticulado e sorbentes específicos. No nosso projecto de investigação ensaiamos dois sorbentes industriais: o ARM 300, fabricado pela BASF e que quimicamente é um óxido de ferro (Hematite, α -Fe₂O₃), o Bayoxide E33 da Bayer que é um óxido de ferro (90% goethite α -FeOOH), e dois sorbentes que fabricamos no laboratório: Hidróxido de Ferro Hidroso preparado (HFO), Hidróxido de Ferro Hidroso carregado em Carvão Activado Granular.

Para os sorbentes que preparámos determinou-se em testes descontínuos, as isotérmicas de sorção, a cinética e a capacidade de carga. Para os sorbentes comerciais, que nunca foram utilizados em barreiras reactivas permeáveis para sorção do arsénio, realizaram-se ainda testes em contínuo em colunas.

Os ensaios em coluna foram realizados em condições laboratoriais extremamente rigorosas: utilizando de areia de quartzo sem ferro ou de areia no qual o ferro foi previamente extraído por soluções ácidas; destruição prévia dos microorganismos potencialmente existentes na água e que poderiam intervir na reacção utilizando uma câmara de fluxo laminar. As soluções de arsénio foram preparadas por métodos que garantiam a sua estabilidade química durante seis meses. Um parâmetro fundamental na realização dos testes contínuos foi a variação da velocidade intersticial da água o que se fez determinando a porosidade da mistura representativa da barreira e fazendo variar a velocidade de injeções das soluções contaminadas com arsénio. A cinética foi interpretada utilizando o modelo de Yan que se revelou mais ajustado que os modelos de Thomas e Yan – Nelson. Nos ensaios realizados com o sorbente ARM 300 utilizaram-se três condições operatórias distintas, sempre com circulação descendente:

Caudais de passagem da água contaminada de 5, 10 e 20 mL/min, a que corresponde respectivamente velocidades de passagem da água, numa base de secção transversal vazia, de 1,019, 2,037 e 3,056 cm/s ou ainda velocidades intersticiais médias de $4,245 \cdot 10^{-4}$, $3,395 \cdot 10^{-4}$ e $1,273 \cdot 10^{-3}$ m/s.

As capacidades de carga para o As total obtidas nos ensaios com os caudais de 5 e de 10 mL/min são idênticas com o valor de 20,3 g As por kg de sorbente. No ensaio a 20 mL/min a saturação do sorbente não chegou a ser atingida.

Comparou-se ainda a cinética da sorção do As(III) e do As(V). Para quantificar a velocidade relativa de extracção de cada espécie calculou-se para cada ensaio o tempo de ruptura experimental correspondente a 50% da saturação da coluna ($t_{50\%}$). Conclui-se que o aumento do caudal provoca uma diminuição do $t_{50\%}$. De notar que esta dependência não é linear.

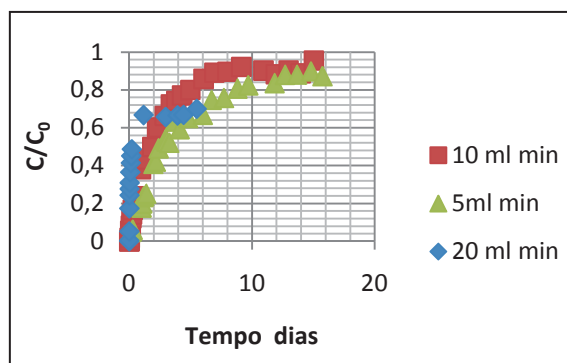


Fig. 1 – Cinética da Extracção do As total para diferentes caudais

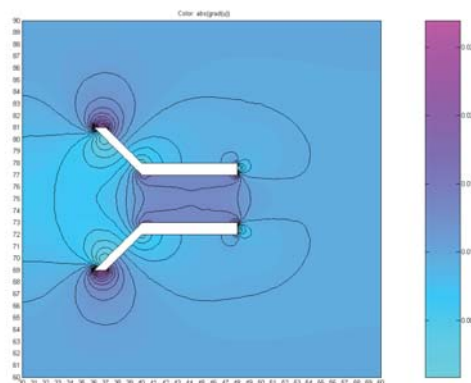


Fig.2 Exemplo de simulação do gradiente hidráulico para uma BRP

Com base nesta informação química básica e conhecendo as condições de escoamento do aquífero é possível dimensionar barreiras reactivas permeáveis, simular o regime hidráulico no interior da barreira e estimar a variação espaço-temporal das concentrações.

REFERÊNCIAS

- José Luis Cortina, António M.A. Fiúza, Aurora Silva y Marta I. Litter, Tecnologías de tratamiento in-situ de aguas subterráneas, Capítulo 7 de “Tecnologías Económicas Para El Abatimiento De Arsénico En Aguas”, Editoras: Marta I. Litter, Ana María Sancha, Ana María Ingallinella, pgs. 111 a 143 (no prelo)
- Beak. D. G., Wilkin R.T., “Performance of a zerovalent iron reactive barrier for the treatment of arsenic in groundwater: Part 2. Geochemical modeling and solid phase studies”, *Journal of Contaminant Hydrology* 106, 15–28, 2009
- Blowes D.W., Ptacek C.J., Benner S.G., McRae C.W.T., Bennett T.A., Puls R.W., “Treatment of inorganic contaminants using permeable reactive barriers”, *Journal of Contaminant Hydrology* 45, 2000. 123–137, Elsevier, 2000
- Köber R., Giarolli F., Dahmke A., “Development of up and downstream permeable reactive barrier systems for remediation of arsenic and voc groundwater contaminations”, University of Kiel, Institute of Geosciences,
- Silva A., Freitas O., Figueiredo S., Vandervliet B., Ferreira A., Fiúza, “Arsenic Removal Using Synthetic Adsorbents: Kinetics, Equilibrium and Column Study”, 12th EuCheMS International Conference on Chemistry and the Environment. 7 June 2009, Stockholm, Sweden, 2009
- Wilkin R. T. *et al*, “Field application of a permeable reactive barrier for treatment of arsenic in ground water”, Office of Research and Development, National Risk Management Research Laboratory, Ada, Oklahoma 74820, EPA , 2008.