

6º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

Tratamento eletroquímico de águas subterrâneas contaminadas com compostos orgânicos dissolvidos

AUTORES:

Márcio Henrique Cabral da Silva, Juliana Patrícia Souza Duarte Pontes, Daniela Karla de Souza Xavier, Adriana Margarida Zambotto Ramalho, Rayana Hozana Bezerril, Patrícia Raquel Fernandes da Costa, Carlos Alberto Martinez-Huitle e Djalma Ribeiro da Silva

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 6º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 6º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 09 a 13 de outubro de 2011, em Florianópolis-SC. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 6ºPDPETRO.

TRATAMENTO ELETROQUÍMICO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS CONTAMINADAS COM COMPOSTOS ORGÂNICOS DISSOLVIDOS

Abstract

The water supply for the city of Natal is done in most (70%) of groundwater. In the present study aims to evaluate the efficiency of electrochemical treatment in a sample of groundwater contaminated by oil leaks from a gas station in Natal, evaluating the parameters TPH and BTEX to verify the possibility of applying the technique of electrochemical remediation plan as . Two electrochemical tests were performed, where performance was quite satisfactory.

Introdução

A remediação de áreas contaminadas é um objeto de importância na atualidade, dada a situação de contaminação que o planeta se encontra. Com isso, a remediação visa retirar ou atenuar a concentração do contaminante em água subterrânea ou solo, para que a concentração seja reduzida a limites pré-determinados na Avaliação de Risco à Saúde Humana ou leis vigentes.

A existência de uma área contaminada pode gerar diversos problemas, como: danos à saúde humana, comprometimento da qualidade dos recursos hídricos, restrições ao uso do solo e danos ao patrimônio público e privado, com a desvalorização das propriedades, além de danos ao meio ambiente (MILANI, 2008).

Existem algumas tecnologias de remediação de águas subterrâneas e solos contaminados, como: a Biorremediação; Escavação, Remoção e Destinação do solo; Bombeamento e Tratamento das água subterrânea (*Pump and Treat*); Extração Multifásica (*Biosplurping e MPE*); Extração de Vapores do Solo; Injeção de Ar (*Air Sparging*); Barreiras Reativas Permeáveis (*PRB's*); Estabilização; Tecnologias Térmicas (*Thermal Enhanced*); Oxidação Química in-situ, e Redução Química in-situ (*ISCR*), dentre outras (SILVA, 2011).

Uma técnica que vem sendo estudada para remediação de solo e/ou água contaminadas é a eletroquímica, pois trata-se de uma técnica limpa, utilizando apenas a ação do elétron para remoção da contaminação, em vez de produtos químicos.

Diante deste contexto, este trabalho utiliza a tecnologia eletroquímica, como forma de remediação de água subterrânea contaminada com compostos orgânicos dissolvidos provenientes de vazamento de combustível em um posto revendedor de combustíveis em Natal/RN.

Metodologia

Etapas I: Coleta da água subterrânea contaminada por compostos orgânicos dissolvidos derivados do petróleo

A coleta de água subterrânea contaminada por compostos orgânicos dissolvidos derivados de petróleo foi realizada através da utilização de um “bailer”, como mostra a Figura 1, em um poço de armazenamento subterrâneo de um posto revendedor de combustíveis de Natal/RN.



Figura 1: Coleta de água com “bailer” em um poço de monitoramento.

Etapla II: Processo eletroquímico

A técnica de oxidação eletroquímica foi desenvolvida em escala de bancada com a utilização de um reator eletroquímico em batelada usando um agitador magnético de marca Tecnal, modelo TE 085, alimentado com uma fonte de corrente contínua de marca Power Supply, modelo MPL 3305 e contendo um par de eletrodos paralelos, onde o ânodo utilizado foi o de platina suportado em titânio com área geométrica de 35 cm². Enquanto que o cátodo foi o de Titânio, apresentando área de 15 cm².

Para este procedimento, foram realizados dois ensaios eletroquímicos, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Água subterrânea contaminada por compostos orgânicos dissolvidos derivados do petróleo.

Parâmetros de controle	Ensaio I	Ensaio II
Corrente (A)	0,16	1,4
Potencial (V)	26,9	18,8
Adição de 10g de Na ₂ SO ₄	não	sim
Volume utilizado de amostra (mL)	2000	2000
Total de horas que amostra foi tratada pela técnica eletroquímica	6	9

Etapa III: Equipamentos utilizados para caracterização das amostras

Foram caracterizados as amostras pré e pós-tratamento, a fim de detectar os parâmetros de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) e BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos). Ver Tabela 2.

Tabela 2 - Equipamentos utilizados para detecção dos contaminantes.

Equipamentos	HPAs	BTEX
Cromatógrafo CG-EM, da marca Thermo Electron Corporation	X	
Cromatógrafo gasoso com detector PID/FID, modelo Trace GC Ultra, marca Thermo Electron Corporation		X

Resultados e Discussão

A Tabela 3 apresenta os resultados da caracterização da água contaminada para os parâmetros BTEX e HPAs. Na qual, não houve compostos que estavam acima do permitido pela Resolução CONAMA 420, porém os compostos que apresentaram uma concentração antes do tratamento, após o tratamento eletroquímico obtiveram concentrações bem inferiores do seu estado inicial.

Tabela 3: Resultado das análises de BTEX e HPAs para a água contaminada e os ensaios eletroquímicos.

Parâmetro	Unidade	VMP	Água subterrânea contaminada	Ensaio eletroquímico I	Ensaio eletroquímico II
			Pré-tratamento	Pós-tratamento	Pós-tratamento
Benzeno	$\mu\text{g.L}^{-1}$	5	3,06	< LD	< LD
Tolueno	$\mu\text{g.L}^{-1}$	700	14,1	< LD	2,125
Etilbenzeno	$\mu\text{g.L}^{-1}$	300	17,5	< LD	< LD
Xilenos	$\mu\text{g.L}^{-1}$	500	40,4	5,445	6,717
Benzo(a)pireno	$\mu\text{g.L}^{-1}$	0,7	< LD	< LD	< LD
Criseno	$\mu\text{g.L}^{-1}$	-	< LD	< LD	< LD
Fluoranteno	$\mu\text{g.L}^{-1}$	-	0,14	< LD	< LD
Indeno(1,2,3-cd)pireno	$\mu\text{g.L}^{-1}$	0,17	< LD	< LD	< LD
Antraceno	$\mu\text{g.L}^{-1}$	-	0,27	0,143	0,143
Benzo(a)antraceno	$\mu\text{g.L}^{-1}$	1,75	< LD	< LD	< LD
Dibenzo(a,h)antraceno	$\mu\text{g.L}^{-1}$	0,18	< LD	< LD	< LD
Fenantreno	$\mu\text{g.L}^{-1}$	140	1,51	0,154	0,154
Naftaleno	$\mu\text{g.L}^{-1}$	140	11,72	< LD	< LD
Benzo(g,h,i)perileno	$\mu\text{g.L}^{-1}$	-	< LD	< LD	< LD
Benzo(k)fluoranteno	$\mu\text{g.L}^{-1}$	-	< LD	< LD	< LD

NOTA: VMP: Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 420; < LD: menor que o Limite de Detecção dos equipamentos; - : Parâmetro não exigido pela Resolução CONAMA 420.

Os resultados de remoções dos HPAs e BTEX foram satisfatórios, uma vez que os compostos orgânicos obtiveram redução. A remoção dos contaminantes BTEX e HPAs na eletrólise em meio aquoso foi associado a eletrooxidação direta, onde o mecanismo de eliminação dos contaminantes, foi favorecido através de oxidação anódica por troca direta de elétrons entre estes compostos e a superfície do eletrodo (BERTAZZOLI e PELEGRINI, 2002). Outro fator de remoção se obteve pela eletrooxidação indireta, sendo a intermediação de espécies oxidantes formadas no ânodo. No qual a eletrólise da molécula da água, produz radical hidroxila ($\text{OH}^\bullet$) que se adsorve na superfície do

eletrodo e transfere átomos de oxigênio para os HPAs e BTEX a serem oxidados (PONTES, 2010 apud MARTINEZ-HUITLE e BRILLAS, 2008; BERTAZZOLI e PELEGRINI, 2002).

Conclusões

Os ensaios eletroquímicos mostraram-se eficientes na remoção dos contaminantes presentes na água subterrânea de posto revendedor de combustíveis em Natal/RN.

A eficiência do tratamento da água subterrânea contaminada por derivados de petróleo em postos de combustíveis foi associada a dois fatores: a) oxidação direta dos compostos orgânicos sobre a superfície do eletrodo; b) oxidação indireta através de espécies intermediárias reativas.

Para aplicação desta técnica “*in-situ*”, em um sítio contaminado por combustíveis derivados de petróleo, deve-se conferir se a atmosfera está abaixo do limite inferior de explosividade ou se não será instalada em áreas classificadas como de risco de explosão. Uma vez que, a técnica envolve a condução de corrente elétrica e uma centelha pode ser um gerador de explosão.

Agradecimentos

Ao Núcleo de Processamento Primário e Reuso de água Produzida e Resíduos – NUPPRAR, a 45ª Promotoria em Defesa de Meio Ambiente do Rio Grande do Norte, aos peritos e professores da UFRN, aos funcionários da SEMURB e a empresa Green Brasil que tornaram possível a realização deste trabalho. Os autores agradecem a De Nora Elettrodi (Milão, Itália) pela doação dos eletrodos de Ti/Pt.

Referências Bibliográficas

BERTAZZOLI, R.; PELEGRINI, R. **Descoloração e degradação de poluentes orgânicos em soluções aquosas através do processo fotoeletroquímico**. Química Nova, v. 25, n. 3, p.477-482, 2002.

MARTINEZ-HUITLE, C. A.; BRILLAS, E. **Electrochemical alternatives for drinking water disinfection**. Angew. Chem. Int., v.47, p.1998-2005, 2008.

MILANI, A. S. **Tecnologias para Remediação de Solos e Águas Subterrâneas**. 2008. 117f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Maria/RS, Brasil, 2008.

PONTES, J. P. S. D. **Tratamento eletroquímico de água produzida sintética para remoção de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos**. 2010. 70f. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010.

SILVA, M. H. C. **Estudo da eficiência do tratamento eletroquímico em água subterrânea contaminada por vazamentos de derivados de petróleo de um posto revendedor de combustíveis em Natal/RN**. 2011. 58f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Petróleo) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Petróleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2011.

SANTOS, A.C. **Desenvolvimento de Reatores Eletroquímicos para Tratamento de Água de Produção**. 2006. 63f. Dissertação (Mestrado em Físico-química) - Programação de Pós Graduação em

6º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

Química e Biotecnologia, Instituto de Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió. p.3-4.