

Remoção Anaeróbia dos Componentes BTEX de Água Contaminada por Gasolina

Pedroza, S.; Florencio, L.; Kato, M. T.; Paim, A. P. S. Gavazza, S.

Universidade Federal de Pernambuco/UFPE

savia@ufpe.br

Recebido: 18/11/08 - revisado: 23/04/09 - aceito: 03/09/09

RESUMO

Neste trabalho foi avaliada a biodegradação anaeróbia dos componentes benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX) presentes em água sintética, simulando contaminação subterrânea por gasolina contendo 24% de etanol. O objetivo teve como foco avaliar a influência do uso de macro e micronutrientes na remoção dos BTEX. Utilizou-se três reatores, RI, RII e RIII de 4 L cada, com ciclos de batelada de 48 h, mantidos sob agitação constante. O experimento foi conduzido em 4 fases, com aumento gradativo da DQO (FI-1000 mg/L, FII-1000 mg/L, FIII-2000 mg/L e FIV-4000 mg/L). Na fase FI, de adaptação do inóculo, todos os 3 reatores foram alimentados com esgoto doméstico sintético como substrato. Nas fases FII, FIII e FIV, RI (controle) recebeu solução de etanol, macro e micronutrientes; RII, água sintética e macronutrientes; e RIII, água sintética, macro e micronutrientes. Os micronutrientes foram determinantes para remoção de DQO. Enquanto em RII, somente com macronutrientes, obteve-se eficiências para FII, FIII e FIV de 55%, 32% e 42%, respectivamente, em RIII as eficiências correspondentes foram maiores, de 56%, 88% e 83%. Na fase IV e até o final do experimento (dia 130), o comportamento de remoção de DQO nos dois reatores que receberam micronutrientes (RI, controle com etanol e RIII, com água sintética) foi muito semelhante. Isto indica que a presença de BTEX em RIII não influenciou negativamente na remoção de DQO. No entanto, no tocante à remoção somente dos BTEX, RII mesmo não tendo recebido os micronutrientes, apresentou um desempenho superior ao de RIII, principalmente para etilbenzeno e xilenos. Portanto, conclui-se que a opção pela introdução de micronutrientes deverá ser determinada por aqueles componentes BTEX que sejam de maior interesse. No caso do interesse ser a remoção da matéria orgânica total (DQO), tal introdução será conveniente.

Palavras chave: água subterrânea, gasolina, BTEX, etanol, DQO, degradação anaeróbia.

INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas são uma alternativa para o consumo humano devido à escassez ou poluição das águas superficiais. No entanto, a sua qualidade vem sendo comprometida devido à crescente contaminação, sendo uma das causas, por exemplo, os vazamentos de gasolina em postos de combustíveis. Os compostos mais perigosos da gasolina são os componentes benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX), por causarem toxicidade crônica, serem carcinogênicos e teratogênicos (Corseuil e Kaipper, 2004).

A atenuação natural compreende os processos físicos, químicos e biológicos que contribuem para a remediação de um local contaminado. A atenuação natural pode ocorrer, a partir de processos de biodegradação (aeróbia e/ou anaeróbia), dispersão, volatilização e adsorção do contaminante, acompanhada da sua estabilização química e bioló-

gica e da sua transformação ou destruição. Estes fenômenos podem ser usados em ambientes controlados, a fim de se obter melhor eficiência dos processos de remediação. Entender a atenuação natural é essencial antes da escolha do tipo de tratamento a ser aplicado para a área contaminada. Deve-se também levar em consideração os custos e o desempenho dos sistemas de remediação, como bioaumento, biofiltro, entre outros.

Na biorremediação, definida como um processo de degradação de compostos orgânicos intermediada por microrganismos, as condições ambientais e nutricionais devem ser adequadas ao seu crescimento. O objetivo é transformar contaminantes em produtos menos tóxicos, que podem ser integrados nos ciclos biogeoquímicos naturais (Corseuil e Marins, 1998; Ueta et al., 2007). Os processos anaeróbios são considerados uma alternativa possível para a biorremediação de áreas contaminadas por derivados de petróleo (Nardi et al., 2005). Entretanto, a degradação anaeróbia dos BTEX ainda é pouco

conhecida (Mancini et al., 2008), principalmente em relação aos fatores nutricionais que influenciam este processo. Em 1980, iniciaram-se estudos de degradação de BTEX, presentes em águas contaminadas, utilizando-se bactérias fermentativas ou acetogênicas. Estas bactérias transformam os BTEX em precursores do metano, do acetato e do hidrogênio (Speece, 1996). A partir de então, diversos tipos de biorreatores foram configurados para esses estudos. Vários microrganismos aeróbios já foram identificados em pesquisas de degradação de BTEX presentes em águas contaminadas com gasolina (Coates et al., 2002); mas a busca para se conhecer os fatores que interferem na degradação anaeróbia se justifica em função das condições dos aquíferos e do subsolo, que apresentam baixas concentrações de oxigênio.

O crescimento microbiano depende muito da disponibilidade de nutrientes no meio, sendo os principais macronutrientes o nitrogênio, o enxofre e o fósforo. Dentre os micronutrientes estão o ferro, cobalto, níquel, molibdênio, selênio, riboflavina e vitamina B12. Os micronutrientes, em geral, são metais que desempenham papéis importantes sobre a atuação de várias enzimas (Madigan e Martinko, 2006). É importante, portanto, identificar os fatores que podem influenciar, de forma positiva e/ou negativa, o processo de degradação de compostos aromáticos, como os BTEX.

No presente trabalho foi avaliada a influência da presença de macro e micronutrientes sobre a remoção de BTEX de água sintética simulando contaminação de água subterrânea por gasolina.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 3 reatores (RI, RII e RIII – Figura 1) de 4 L cada (350 mL de lodo, 3250 mL de líquido e 400 mL de *headspace*). Os reatores foram operados em regime de batelada, sob agitação constante (agitador magnético) mantidos em sala climatizada a 30 ± 1 °C. A cada 48 h (tempo de ciclo) o volume do efluente tratado era retirado e feita nova alimentação com igual volume de substrato. O inóculo utilizado (4 g SSV/L) foi uma mistura na proporção de 1:1 em volume, de lodo denso com lodo granular, provenientes de 2 reatores UASB que tratavam esgoto doméstico e efluente de abatedouro de aves, respectivamente.

O experimento foi conduzido em 4 fases. Na primeira fase (FI), para adaptação do lodo de inóculo, os 3 reatores foram alimentados com efluente sintético que simulou esgoto doméstico, prepa-

rado à base de sacarose, amido, celulose, extrato de carne e levedura (de Souza e Foresti, 1996) para uma concentração final aproximada de 1000 mg/L de DQO no reator (1085,7 mL), adicionados a 2159,6 mL de água (Ribeiro, 2005). A partir da segunda fase, o substrato para o reator RI (controle) foi etanol (equivalente a 1000, 2000 e 4000 mg/L de DQO), acrescido de solução de macro e micronutrientes (10% vol.). O volume do *headspace* foi de 10%. O substrato para os reatores RII e RIII foi água sintética formada por água contaminada com gasolina comercial (que continha 24% de etanol), que simulou um aquífero contaminado. Adicionalmente, RII recebeu somente solução de macronutrientes, enquanto que RIII recebeu solução de macro e micronutrientes. A composição das soluções de macro e micronutrientes é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Concentração dos reagentes para preparação das soluções nutrientes.

Solução	Reagente	Concentração (g L ⁻¹)
Macronutrientes	NH ₄ Cl	0,280
	K ₂ HPO ₄	0,252
	MgSO ₄ ·7 H ₂ O	0,100
	CaCl ₂	0,007
	NaHCO ₃	0,400
	Extrato de levedura	0,100
Micronutrientes	FeCl ₂ ·4H ₂ O	2,000
	ZnCl ₂	0,050
	MnCl ₂ ·4H ₂ O	0,500
	NiCl ₂ ·6H ₂ O	0,142
	NaSeO ₃ ·5H ₂ O	0,164
	H ₃ BO ₃	0,050
	CuCl ₂ ·2H ₂ O	0,038
	CoCl ₂ ·6H ₂ O	2,000
	AlCl ₃ ·6H ₂ O	0,090
	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O	0,050
	EDTA	1,000
	Resazurina	0,200
	HCl	1,000 (mL.L ⁻¹)

Fonte: Florêncio, 1994.

Os substratos de todos os reatores foram preparados para resultar DQO com concentrações (em mg/L) iguais a 1000 (FII), 2000 (FIII) e 4000 (FIV). Para cada fase, de FII a FIV, era preparada uma solução estoque de água sintética para RII e RIII. Para a sua preparação adicionou-se, em uma garrafa de vidro âmbar de 1 litro, 300 mL de gasolina e 700 mL de água. A mistura da solução foi feita

sob agitação a 150 rpm por 2h. Em seguida, a mistura foi mantida em repouso em funil de decantação durante 15 minutos para promover a separação das fases: gasolina e água contaminada ou sintética. A água sintética separada da gasolina foi novamente submetida a etapa de decantação para melhor separação das fases (gasolina e água sintética). A solução estoque de água sintética apresentava concentração de aproximadamente 100.000 mg DQO/L. Retirava-se a quantidade equivalente à DQO desejada para cada fase e a inseria nos reatores através da saída de coleta, completando-se o volume útil com água.

O desempenho dos reatores foi avaliado, ao final de cada ciclo de batelada, por meio da avaliação dos parâmetros pH (potenciométrico), DQO filtrada (micro-método por colorimetria após filtração da amostra em membrana de 1,2 μ m), alcalinidade a bicarbonato (titulométrico) e ácidos voláteis (titulométrico – Dilalo e Albertson, 1961), realizadas de acordo com o *Standard Methods* (APHA/AWWA/WEF, 1998). Os compostos BTEX foram analisados de acordo com o método descrito por Pan (1995), tendo sido feitas algumas alterações, para promover melhor separação dos picos, que resultaram em: temperatura do injetor e detector iguais a 250°C e 275°C, respectivamente; rampa de aquecimento - 40°C (1 min.), 84°C (4°C/min., a cada 2 min.) e duração da dessorção igual a 1,5 min. A medição da produção de metano ao longo do experimento foi adaptada do método de atividade metanogênica específica (AME) segundo Field *et al.* (1988) e Florêncio (1994).



Figura 1 - Reatores anaeróbios de bancada

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de remoção de DQO filtrada para os 3 reatores nas 4 fases, são apresentados na Figura 2. Na fase FI, a eficiência média de remoção

para os reatores RI, RII e RIII foi de 30%, 62% e 55%, respectivamente. Como todos os reatores receberam o mesmo inóculo e substrato (esgoto sintético), era de se esperar que os desempenhos fossem semelhantes entre si, o que ocorreu somente entre os reatores RII e RIII. No entanto, a partir da fase FII, quando cada reator passou a operar sob novas condições de substrato e nutrientes, a remoção média de DQO filtrada em RI ficou em torno de 80%, a qual se manteve nas fases FIII e FIV. O etanol é uma fonte de carbono de fácil degradação e sua degradação é formadora de precursores do metano. Desta forma, é possível que os microrganismos metanogênicos estivessem bem estabelecidos em RI na fase FI, uma vez que a eficiência de remoção de DQO obtida em RI aumentou de 30% para 80% entre as fases FI e FII, quando etanol passou a ser a única fonte de carbono. Em relação aos dois outros reatores, observa-se claramente que a influência dos micronutrientes foi determinante para o melhor desempenho de remoção da matéria orgânica. O reator RIII, que recebeu micronutrientes, apresentou remoção de DQO filtrada de 56% em FII, 88% em FIII e 83% em FIV; enquanto que no reator RII, que não os recebeu, a remoção obtida correspondente foi de 55%, 32% e 42%. Observa-se, portanto, que o maior desempenho de RIII é mais evidente a partir da fase FIII. Adicionalmente na fase FIV, RIII atingiu desempenho semelhante ao do reator RI, que tinha somente etanol como fonte de carbono e sem presença de qualquer composto tóxico. Em ambos os reatores RI e RIII, a remoção de DQO filtrada ficou em torno de 83%. Estes resultados indicam que RIII passou por um processo gradativo de adaptação da biomassa para a remoção da matéria orgânica total, mas sem que a presença de BTEX tivesse influenciado negativamente o seu desempenho. Essa observação é reforçada quando se verifica a dramática redução nas fases FIII e FIV, da eficiência de remoção de DQO em RII, em condições operacionais semelhantes às de RIII, com presença de BTEX, porém com ausência dos micronutrientes. Destaca-se, portanto, o papel dos micronutrientes, que era o único diferencial entre os reatores RII e RIII.

Resultados semelhantes foram obtidos por Nardi *et al.* (2005), que operaram reator horizontal anaeróbio de fluxo contínuo para remoção de BTEX de água sintética suplementada com micronutrientes, quando obtiveram eficiências de remoção de DQO de 96% para concentrações de DQO afluentes em torno de 1.200 mg/L e de cada BTEX variando de 3 a 15 mg/L.

Os resultados médios de ácidos voláteis (em mg HAc /L) também demonstram a influência dos

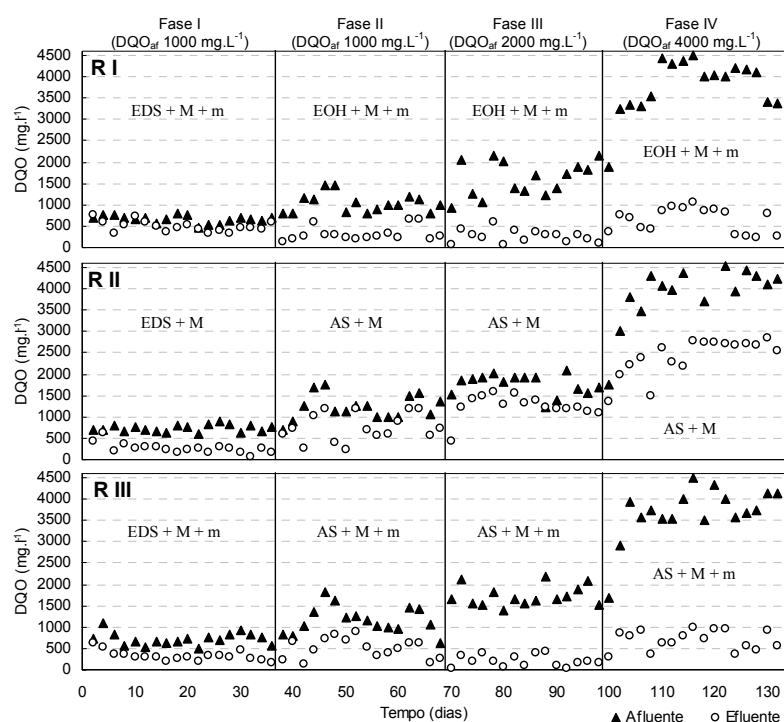


Figura 2 - Concentração de DQO filtrada afluente e efluente dos reatores durante as fases experimentais.

Tabela 2 - Eficiência de remoção (%) e concentração média de BTEX total (mg/L) no afluente e efluente de RII e RIII ($\delta^* = \pm 1\%$)

Fases/[BTEX]	RII			RIII		
	Afluente	Efluente	% remoção	Afluente	Efluente	% remoção
F-II	0,470	0,133	72	0,440	0,104	76
F-III	0,803	0,291	64	0,661	0,106	84
F-IV	1,421	0,299	79	1,528	0,623	59

* δ - desvio padrão do método cromatográfico utilizado

micronutrientes nos reatores RII e RIII. No efluente do reator RII, as concentrações (92,7 em FII, 264,0 em FII e 276,2 em FIV) foram superiores às observadas em RIII (60,4 em FII, 87,5 em FIII e 103,0 em FIV). Portanto, é possível que a presença de micronutrientes também tenha favorecido o equilíbrio entre a produção e o consumo de ácidos no reator RIII. Adicionalmente, para o reator RII as seguintes observações se fazem necessárias: (i) houve redução do pH do afluente para o efluente em todas as fases (FII: de 7,2 para 5,8; FIII: de 7,5 para 5,7; FIV: de 8,3 para 6,7) e (ii) o consumo de alcalinidade a bicarbonato (mg/L CaCO_3) foi superior ao do reator RII

(FII: de 256,3 para 52,3; FIII: de 563,7 para 173,1; FIV: de 785,8 para 587,5).

No tocante aos resultados de remoção média de BTEX total, de acordo com a Tabela 2, os desempenhos obtidos para RII nas fases FII, FIII e FIV foram de 72%, 64% e 79%, e para RIII foram de 76%, 84% e 59%, respectivamente. Portanto, observa-se que na fase FIII, o reator RIII com micronutrientes apresentou um desempenho bem superior (84%) a RII sem micronutrientes (64%); entretanto, na fase FIV, ocorreu uma inversão nos desempenhos, com RIII apresentando uma eficiência de remoção dos BTEX bem inferior (59%) ao do rea

Tabela 3 - Concentração média de cada BTEX no afluente e efluente de RII (mg/L; $\delta^* = \pm 1\%$)

RII	Benzeno		Tolueno		Etilbenzeno		Xileno	
Fase	AF	EF	AF	EF	AF	EF	AF	EF
FII	0,150	0,039	0,120	0,054	0,092	0,008	0,108	0,032
FIII	0,377	0,126	0,205	0,100	0,097	0,011	0,124	0,054
FIV	0,792	0,107	0,387	0,131	0,099	0,009	0,142	0,051

* δ - desvio padrão do método cromatográfico utilizado. AF – afluente. EF – efluente

Tabela 4 - Concentração média de cada BTEX no afluente e efluente de RIII (mg/L; $\delta^* = \pm 1\%$)

RIII	Benzeno		Tolueno		Etilbenzeno		Xileno	
Fase	AF	EF	AF	EF	AF	EF	AF	EF
FII	0,127	0,009	0,111	0,024	0,093	0,020	0,110	0,051
FIII	0,277	0,034	0,171	0,036	0,094	0,010	0,120	0,026
FIV	0,877	0,184	0,413	0,322	0,099	0,036	0,139	0,081

* δ - desvio padrão do método cromatográfico utilizado. AF – afluente. EF – efluente

tor RII (79%). Consequentemente, a influência dos micronutrientes para a remoção somente de BTEX total aparentemente não foi marcante. Assim, a avaliação dos resultados foi estendida para a remoção de cada componente individualmente. Os resultados das concentrações individuais dos BTEX estão apresentados nas Tabelas 3 e 4, para RII e RIII, respectivamente; e as eficiências de remoção de cada componente estão apresentadas na Figura 3.

Para o caso do benzeno, a remoção em RII e RIII na fase FII (Figura 3) foi de 74% e 93%, respectivamente, enquanto na fase FIII os valores correspondentes foram de 67% e 88%. No caso do tolueno, o comportamento de remoção foi muito semelhante ao do benzeno em RII e RIII, tanto na fase FII como na fase FIII. Observa-se, portanto, que até FIII o reator RIII com os micronutrientes, apresentou desempenho superior ao de RII para benzeno e tolueno, como ocorrera no caso da remoção de BTEX total. Contudo, a partir de então o reator RII, que não tinha recebido micronutrientes, aparentemente passou por um período de adaptação microbiana, com obtenção de resultados melhores na fase FIV. As eficiências de remoção para benzeno e tolueno nesta fase FIV foram 9% e 200% superiores às de RIII, respectivamente (Figura 3).

Entretanto, o comportamento de RII para a remoção de etilbenzeno e xilenos, de forma geral, foi diferente para o caso do benzeno e tolueno. O reator RII apresentou desempenho praticamente quase sempre superior ao do RIII (Figura 3 e Tabelas 3 e 4). No caso do reator RIII, aparentemente ele passou por um processo de adaptação entre as fases FII e FIII, tendo aumentado as eficiências de remoção de etilbenzeno de 79% para 89% e de xilenos

de 53% para 78%. No entanto, com o aumento da DQO para 4000 mg/L em FIV, o reator RIII não foi capaz de manter os mesmos desempenhos observados para etilbenzeno e xilenos em FIII (Figura 3).

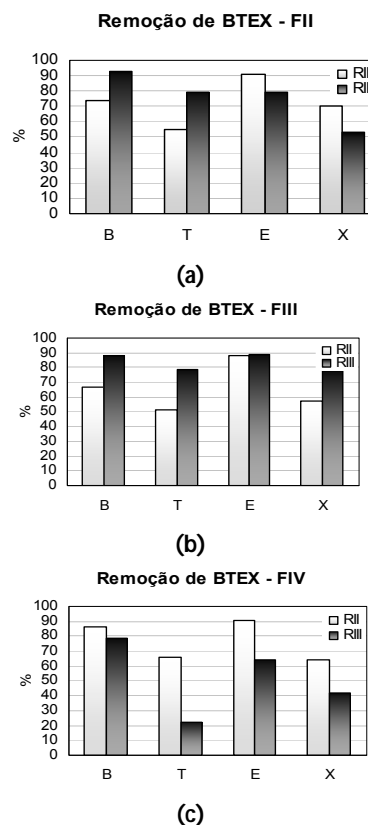


Figura 3 - Remoção (%) de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos individualmente nos reatores RII e RIII nas fases operacionais: (a) FII, (b) FIII e (c) FIV.

Nos experimentos de Nardi et al. (2005) a eficiência de remoção de BTEX variou de 75 a 99% para reatores operados em fluxo contínuo e com concentrações de cada BTEX variando de 3 a 15 mg/L.

Em termos de legislação, pode-se considerar que o desempenho de ambos os reatores, sem e com micronutrientes, foi satisfatório, uma vez que as eficiências de remoção de BTEX total e individuais foram significativas para a faixa de concentrações afluentes utilizadas (BTEX total de até 1,5 mg/L). Muito importante também é que, exceto para o benzeno (padrão de potabilidade: 5 µg/L) e nestas mesmas condições experimentais, os demais componentes individualmente ficaram abaixo dos valores máximos permitidos para potabilidade: 17 mg/L para tolueno, 0,20 mg/L para etilbenzeno e 30 mg/L para xilenos.

Além disso, aparentemente, a presença de micronutrientes não interferiu positivamente sobre a remoção dos BTEX individuais, uma vez que o reator RII apresentou desempenho superior a RIII em alguns casos (Tabela 2).

CONCLUSÕES

A presença de micronutrientes foi determinante do melhor desempenho de remoção de matéria orgânica (em DQO) de água contaminada com gasolina. O reator com água contaminada com gasolina, suplementado com macro e micronutrientes apresentou eficiências médias de remoção de DQO, 56%, 88% e 83% maiores do que as obtidas no reator que recebeu apenas macronutrientes, para as fases com DQO afluentes iguais a 1000 mg/L, 2000 mg/L e 4000 mg/L, respectivamente. No entanto, em relação a remoção dos BTEX individuais, a presença de micronutrientes aparentemente não foi determinante de melhor comportamento, uma vez que o reator que não recebeu esta suplementação apresentou desempenho superior, principalmente para etilbenzeno e xilenos. Por outro lado, durante todo o período experimental (130 dias) o reator que foi suplementado com micronutrientes apresentou desempenho semelhante ao do reator controle, que não recebeu BTEX e tinha somente etanol como fonte de carbono. Eficiência de remoção de DQO em torno de 80% foi observada em ambos os reatores, indicando que no reator suplementado com micronutrientes, a presença de BTEX não influenciou negativamente na remoção de DQO. Desta forma, os resultados obtidos no presente trabalho

sugerem que a suplementação com micronutrientes pode ser mais indicada quando se objetiva remover matéria orgânica total, enquanto que para remoção de BTEX pode não ser necessária tal suplementação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FACEPE e ao CNPq pelo auxílio financeiro e bolsa concedida ao primeiro autor deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- COATES J. D., CHAKRABORTY R., McINERNEY M. J. *Anaerobic benzene biodegradation - a new era*. Research in Microbiology. 153, 621-628, 2002.
- CORSEUIL H. X., KAIPPER, B. I. A., *Cosolvency effect in subsurface with petroleum hydrocarbons and ethanol*. Water Research. 38, 1449-1456, 2004.
- CORSEUIL H. X., MARINS, M. D. *Efeitos causados pela mistura de gasolina e álcool em contaminações de águas subterrâneas*. Boletim Técnico Petrobrás, Rio de Janeiro. 41, 133-138, 1998.
- DILALLO, R., ALBERTSON, O. E. *Volatile acids by direct titration*. Journal of Water Pollution Control Federation. 33:4, 356-356, 1961.
- FIELD, J. A., ALVAREZ, R. S., LETTINGA, G. *Ensayos anaerobios*. In: 4º Seminario de Depuración Anaerobia de Aguas Residuales. Anais. Universidad de Valladolid. Spain, 1988.
- FLORENCIO, M. L. *The fate of methanol in anaerobic bioreactors*. 137 p. Tese (Ph.D) - Wageningen Agricultural University - Wageningen, The Netherlands, 1994.
- MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J.M. *Brock biology of microorganisms*. 11th ed. United States of America. Prentice-Hall. 2006. 992 p.
- MANCINI, S.A.; DEVINE, C.; ELSNER, M.; NANDI, M. E.; ULRICH, A. C.; EDWARDS, E.A.; LOLLAR, B. S. *Isotopic Evidence Suggests Different Initial Reaction Mechanisms for Anaerobic Benzene Biodegradation*. Environmental Science & Technology. 42, 8290-8296, 2008.
- NARDI I. R., RIBEIRO R., ZAIAT M., FORESTI E., *Anaerobic packed-bed reactor for bioremediation of gasoline-contaminated aquifers*. Process Biochemistry. 40, 587-592, 2005.

- PAN L., ADAMS M., PAWLLSZYN J., *Determination of Fatty Acids Using Solid-phase Microextraction*. Analytical Chemistry. 67, 4396-4403, 1995.
- RIBEIRO, R. *Recuperação da qualidade de águas contaminadas por gasolina usando reator anaeróbico de leito fixo*. Tese (Ph.D) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil, 2005. 150 p.
- SPEECE, R.E. *Anaerobic biotechnology for industrial wastewaters*. Vanderbilt University. Published by Archae Press. United States of America, 1996.
- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, Amer. Public Health Assoc., Americ. Water Works Association, Water Pollution Control Federation, Washington, D.C., ed. 19th, 1998.
- UETA, J., PEREIRA, N. L., SHUHAMA, I. K., CERDEIRA, A. L. *Biodegradação de herbicidas e biorremediação: Microrganismos degradadores do herbicida atrazina* (Herbicide biodegradation and bioremediation: Degrading microorganisms for the herbicide atrazin). http://www.biotecnologia.com.br/bio/10_i.htm. Acesso em: 12 out. 2008.
- DE SOUSA, J. T.; FORESTI E. *Domestic sewage treatment in an upflow anaerobic sludge blanket - Sequencing batch reactor system*. Water Science and Technology 33, 73-84, 1996.

32% and 42% respectively, in RIII the corresponding efficiencies were higher, of 56%, 88% and 83%. In phase IV until the end of the experiment (130 days), the behavior of DQO removal in both reactors who received micronutrients (RI, control with ethanol and RIII, with synthetic water) was very similar. This indicates that the presence of BTEX in RIII did not influence negatively in the DQO removal. However, concerning the removal of BTEX only, even though RII had not received the micronutrients, it displayed a better performance than RIII, especially for ethylbenzene and xylenes. Therefore, it is concluded that the choice for the introduction of micronutrients should be determined by which BTEX components are of most interest. In case the interest is in the removal of total organic matter (DQO), such introduction should be convenient.

Keywords: groundwater, gasoline, BTEX, ethanol, DQO, anaerobic degradation.

Anaerobic Removal of BTEX Components From Water Contaminated by Gasoline

ABSTRACT

In this work it was assessed the anaerobic biodegradation of the components benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes (BTEX) present in synthetic water, simulating groundwater contamination by gasoline containing 24% ethanol. The objective was focused on assessing the influence of macro and micronutrients in the removal of BTEX. We used three reactors, RI, RII and RIII of 4 L each, with batch cycles of 48 hours, kept under constant stirring. The experiment was conducted in 4 phases, with a gradual increase in DQO (FI-1000 mg/L, FII-1000 mg/L, FIII-2000 mg/L and FIV-4000 mg/L). In the FI phase, the adaptation of the inoculum, all 3 reactors were fed with synthetic domestic sewage as substrate. In the FII, FIII, and FIV phases, RI (control) received an ethanol solution, macro and micronutrients; RII, synthetic water and macronutrients; and RIII, synthetic water, macro and micronutrients. The micronutrients were instrumental in removing the DQO. While at RII, only with macronutrients, there were obtained efficiencies for FII, FIII and FIV of 55%,