



Remoção de Metais num Sistema de Tratamento de Esgoto por Filtro Lento

A. S. Melo Júnior^a, S. Moreira^b, D. M. Roston^c, J. E. Paternianni^d, P. J. G. Ferreira^e, M. Wagner^f

a. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)/Universidade Paulista, São Paulo; juniorariston@gmail.com

b. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP); silvana@fec.unicamp.br

c. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP); denis@feagri.unicamp.br

d. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP); pater@feagri.unicamp.br

e. Universidade Paulista, São Paulo; pedrojgf@unip.br

f. Universidade Paulista, São Paulo; marcel.wagner@poli.usp.br

Resumo

A pesquisa objetivou mensurar o grau de remoção de metais pesados em um sistema piloto de tratamento de esgoto por filtração lenta usando a técnica de Fluorescência de Raios X por Reflexão Total com Radiação Síncrotron (SR-TXRF). A filtração lenta é um processo relativamente simples onde a remoção de resíduos químicos orgânicos e de material biológico ocorre através da passagem do esgoto por meios de diferenças granulométricas. A filtração é formada por um filtro com areia e brita de diferentes tamanhos em ordem decrescente de porosidade. O uso da filtração lenta tem grande relevância na conservação dos recursos hídricos. O sistema piloto de tratamento foi instalado no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, sendo composto por barris (60 L), contendo areia e brita com diferentes granulometrias. As coletas foram realizadas semanalmente durante 16 semanas. As amostras foram coletadas no afluente e efluente do sistema, sendo detectados os seguintes elementos químicos: P, S, Cl, K, Cr, Mn, Fe, Zn em praticamente todas as amostras. A máxima concentração de Fe foi de 5,66 mg.L⁻¹ na entrada e 1,54 mg.L⁻¹ na saída, enquanto que para o Zn a concentração foi de 1,68 mg.L⁻¹ e 0,73 mg.L⁻¹ na entrada e na saída, respectivamente. Para o elemento Cr os valores foram de 0,250 mg.L⁻¹ na entrada enquanto que na saída foi de 0,11 mg.L⁻¹. Para o K as variações na entrada e saída foram de 41,80 e 28,40 mg.L⁻¹, respectivamente, mostrando uma eficiência de 78,10% na remoção deste elemento. Desta forma concluiu-se que, a eficiência de remoção foi alta para a maioria dos elementos detectados, o que revelou a viabilidade desta tecnologia para a remoção de metais presentes no esgoto doméstico.

Palavras-chave: Filtração lenta, metais, reflexão total, meio ambiente.

Introdução

Há séculos que o homem mesmo sem possuir grandes conhecimentos já conseguia diferenciar água esteticamente limpa de outra que se apresentava turva, com sabor ou odor desagradável. A filtração, como parte do tratamento de água para consumo humano, foi desenvolvida pelo homem como resultado da observação da limpidez da água subterrânea, a qual era atribuída à sua passagem pelos solos naturais, tendo-se notícia do emprego da filtração para clarificação desde o século XVI (Di BERNARDO, 1993).

Os primeiros sistemas de tratamento surgiram no século passado por intermédio de John Gibb em Paisley (Escócia) e por James Simpson em Londres (Inglaterra). Em Londres o processo se baseava principalmente na remoção de sólidos suspensos da água bruta. Em 1850 John Snow mostrou que o cólera que era transmitido pela água (ainda não era conhecida a bactéria patogênica transmissora). A solução encontrada para evitar essa transmissão e a presença de outros sólidos indesejáveis seria a filtração da água.

No Brasil essa tecnologia foi empregada em algumas cidades até a década de 60, mas nos anos subseqüentes ocorreu à degradação da qualidade do manancial, e a maioria das instalações de filtração lenta, foi reformada e convertidas em sistemas de tratamento completo, com coagulação química e filtração rápida (Di BERNARDO, 1993). Atualmente tem-se crescido o interesse pelo estudo dos filtros lentos.

Objetivo

O foco de interesse científico neste projeto foi avaliar o grau de remoção de metais num sistema de tratamento de esgoto alternativo baseado no uso de camadas de diferentes granulometrias de areia e brita, dispostas dentro de tanques de tratamento, sistema conhecido por filtro lento.

Material e Método

O estudo teve duração de quatro meses, dentro do sistema piloto de tratamento de esgoto por filtração lenta instalado no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola - FEAGRI (UNICAMP), conforme fig. 1.

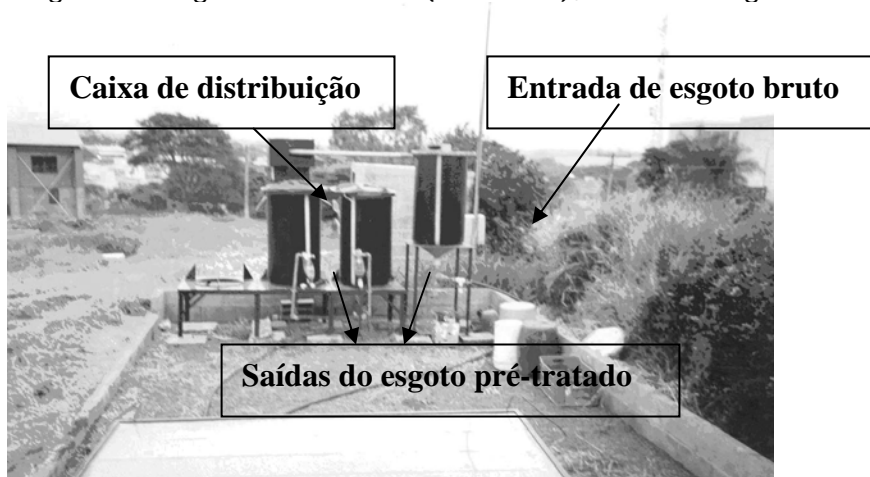


Fig. 1 – Vista da estação de tratamento de esgoto por filtração lenta da FEAGRI (UNICAMP).

O esgoto que desce por gravidade da caixa de captação instalada acima da estação de filtro lento, à cerca de 50 m de distância, entra no sistema composto de 3 tanques cilíndricos de capacidade volumétrica 60 L, onde no primeiro entra o esgoto bruto e nos dois tanques seguintes ocorre a saída do esgoto pré-tratado, sem que em um há ainda carvão ativado em sua constituição. Esses são compostos de 3 camadas de brita de diferentes granulometrias, juntamente com três camadas de areia. O afluente pode ser retirado pela válvula de frontal, localizada abaixo do tanque, junto à tubulação de entrada (fig. 1), e o mesmo pode ser feito na válvula localizada na parte inferior de cada tanque de saída. O sistema de válvulas é utilizado também para fazer a descarga de limpeza do sistema de tratamento.

O estudo foi feito semanalmente retirando-se amostras de afluente e efluente (no tanque com carvão ativado) resultando no período de 4 meses de pesquisa um total de 32 amostras que foram mantidas sob refrigeração para a preservação de sua constituição química.

Um volume de 50 mL de cada amostra coletada foi filtrado em membrana de acetato de celulose (0,45 μm de porosidade). Após a filtração, foi tomada uma alíquota de 1 mL da amostra filtrada e adicionado 100 μL (102,5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) de uma solução de Gálio (Ga) usado com padrão interno e necessário para o uso da técnica de análises. Cinco microlitros da mistura resultante de cada amostra foram depositados em um disco lucite (Perspex) e submetidos à secagem com lâmpada infravermelha. Todas as amostras foram preparadas em triplicata para efeito estatístico.

Os discos foram posteriormente acondicionados em placas de Petri para proteção e transporte das amostras até o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), onde as medidas foram realizadas na linha D09B-XRF na geometria de Fluorescência de Raios X por Reflexão Total com Radiação Síncrotron (SR-TXRF). As amostras foram excitadas por 100 segundos empregando-se um feixe policromático e os raios X medidos com um detector semiconductor de Ge hiperpuro, com resolução de 150 eV a 5,9 keV.

Na SR-TXRF não há a ocorrência do efeito de absorção e reforço como na ED-XRF ou WD-XRF, não sendo necessária a correção do efeito matriz em razão da espessura muito fina da amostra (SIMABUCO, 1993). Portanto, a análise quantitativa é feita através da eq. 1.

$$I_i = s_i \cdot C_i \quad \text{Eq. 1}$$

Onde: I_i = intensidade líquida de raios X para o elemento i (cps);
 C_i = concentração do elemento i (ppm ou $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) e
 S_{Ri} = sensibilidade relativa para o elemento i (cps/ppm ou $\text{cps}\cdot\text{mL}\cdot\mu\text{g}^{-1}$).

Resultados Obtidos

Para calcular a sensibilidade elementar foram utilizadas cinco soluções padrão contendo elementos conhecidos e com concentrações distintas. Neles foi acrescido o elemento gálio (Ga) utilizado como padrão interno. Para a calibração do sistema foram determinadas as sensibilidades experimentais para cada elemento contido na solução padrão e, em seguida foi feito o ajuste desta curva para os elementos na faixa de energia de interesse. A tabela 1 apresenta a sensibilidade relativa para a linha K.

Tabela 1 - Sensibilidade relativa experimental para a série K.

Número Atômico (Z)	Elemento Químico	Sensibilidade Relativa
19	K	0,051170
20	Ca	0,076287
22	Ti	0,159690
24	Cr	0,301810
26	Fe	0,501466
28	Ni	0,713218
30	Zn	0,845466
31	Ga	0,852609
34	Se	0,618315
38	Sr	0,158471

Através do ajuste dos dados experimentais é obtida a equação que relaciona a sensibilidade relativa (S_{Ri}) com o número atômico (Z) do elemento (Fig. 2), sendo a equação e o coeficiente de determinação (R^2), apresentados na eq. 2.

$$S_{Ri} = \exp(-9,71415025 + 0,10144873Z + 0,0238887Z^2 - 5,5544476210^{-4} \cdot Z^3) \quad \text{Eq. 2}$$

$$R^2 = 0,98855$$

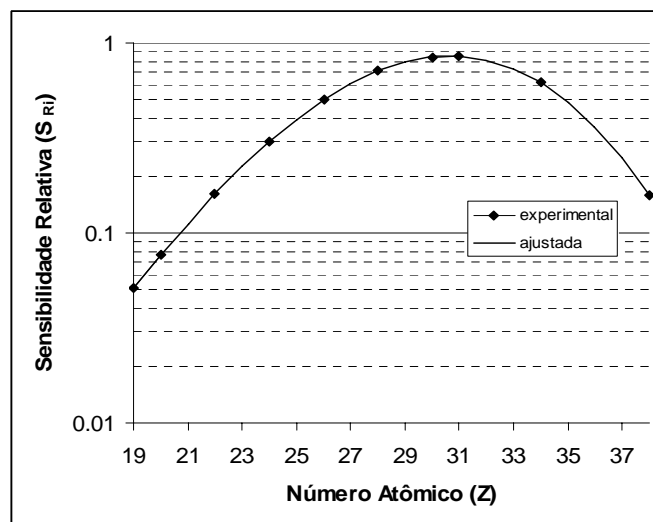


Fig. 2 - Curva da sensibilidade relativa (S_{Ri}) para série K utilizando SR-TXRF.

Com a curva de sensibilidade e os dados das amostras levantados pela técnica, foram determinadas as concentrações dos elementos presentes no afluente (tabela 2).

Tabela 2 - Concentração (mg.L^{-1}) dos elementos presentes nas amostras de entrada.

PERÍODO (semanas)	P	S	Cl	K	Cr	Mn	Fe	Zn
1	1,6	1,0	13,1	17,3	0,012	0,047	0,80	0,26
2	6,4	6,6	44,5	33,2	0,035	0,065	0,83	0,39
3	6,1	10,8	75,8	41,8	0,017	0,072	2,99	0,30
4	4,5	8,6	66,3	28,5	0,200	0,070	1,60	0,20
5	4,1	2,9	46,3	29,1	0,027	0,110	4,93	0,25
6	3,9	3,7	66,6	26,0	0,087	0,039	2,02	0,21
7	3,8	4,7	76,9	27,0	0,032	0,047	1,83	0,21
8	5,3	3,1	82,3	25,0	0,078	0,042	0,55	1,68
9	3,3	2,4	72,7	29,4	0,050	0,027	0,65	0,43
10	4,7	3,0	64,7	25,0	0,024	0,050	2,83	0,24
11	4,1	2,7	53,0	26,2	0,250	0,053	3,80	0,21
12	4,1	3,7	70,1	23,0	0,024	0,027	0,77	0,16
13	3,9	4,0	78,0	23,2	0,067	0,036	0,75	0,21
14	4,6	3,3	72,6	24,6	0,025	0,036	0,91	0,37
15	4,5	2,7	63,8	24,0	0,067	0,036	1,89	0,23
16	3,3	3,0	70,9	22,8	0,200	0,050	5,66	0,61

Os elementos detectados nas amostras coletadas na saída do sistema de filtração lenta foram agrupados na Tabela 3.

Tabela 3 - Concentração (mg.L⁻¹) de elementos na saída.

PERÍODO (semanas)	P	S	Cl	K	Cr	Mn	Fe	Zn
1	0,6	0,9	10,7	15,2	0,007	0,045	0,66	0,18
2	4,3	2,4	30,2	28,4	0,014	0,029	0,70	0,34
3	4,1	1,7	27,3	21,7	0,016	0,048	0,87	0,26
4	1,9	2,8	37,8	21,1	0,110	0,036	1,49	0,19
5	2,7	2,6	39,8	17,6	0,011	0,021	0,93	0,22
6	3,3	2,6	55,9	24,7	0,010	0,032	0,46	0,14
7	2,7	3,9	44,7	20,1	0,013	0,032	1,54	0,16
8	3,3	2,5	58,9	22,1	0,014	0,150	0,44	0,73
9	3,2	1,8	48,3	20,2	0,016	0,015	0,40	0,20
10	3,8	2,2	61,0	22,6	0,018	0,040	0,76	0,20
11	2,2	2,2	41,8	19,6	0,015	0,029	0,83	0,16
12	2,9	2,7	44,3	18,5	0,018	0,021	0,39	0,14
13	3,7	2,4	63,2	21,8	0,030	0,027	0,71	0,14
14	3,4	2,2	59,7	18,6	0,016	0,020	0,56	0,15
15	4,0	2,6	58,2	22,9	0,027	0,028	1,39	0,19
16	3,2	2,3	65,7	17,7	0,014	0,027	0,37	0,30

A tabela 4 mostra a eficiência de remoção dos elementos durante o período de coleta das amostras no sistema de tratamento de esgoto por filtração lenta.

Tabela 4 – Eficiência de remoção do tratamento pelo sistema de filtração lenta.

Elemento Químico	Porcentagem de remoção (%)
P	72,59
S	57,10
Cl	73,46
K	78,10
Cr	29,21
Mn	74,35
Fe	38,10
Zn	62,08

Conclusões

O sistema promoveu uma diminuição da concentração dos elementos ao longo do período, mostrando um alto grau de eficiência. Dentre os elementos analisados o sistema mostrou uma alta eficiência para os elementos P, Cl, K, Mn e Zn, com porcentagens de remoção acima de 60%, enquanto que para o S e Fe a eficiência foi de aproximadamente 57,10% e 38,10% respectivamente. Para o elemento Cr a remoção não foi tão significativa (29,21%), mas deve-se considerar que este elemento apresenta elevada toxicidade e, portanto qualquer remoção desse metal justifica o emprego desse sistema de tratamento.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao LNLS (Laboratório Nacional de Luz Síncrotron) pelo auxílio na pesquisa.

Referências Bibliográficas

1. DI BERNARDO, L. **Métodos e técnicas de tratamento de água**, vol.2. 1993.
- 2- SIMABUCO, S. M. *Emprego da fluorescência de raios-X por Dispersão de energia no estudo da dinâmica da vinhaça no solo*. 1993. 153 f. **Tese de Doutorado** – IPEN/CNEN, USP, São Paulo.