

## REMEDIAÇÃO ELETROCINÉTICA DE LODO DE ESGOTO CONTAMINADO COM METAIS PESADOS

ELICKER, Carolina<sup>1</sup>; CASTAGNO, Kátia Regina Lemos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal Sul-rio-grandense – Campus Pelotas, Tecnologia em Gestão Ambiental; <sup>2</sup> Instituto Federal Sul-rio-grandense – Campus Pelotas, Química. carolinaelicker@yahoo.com.br

### 1 INTRODUÇÃO

A remediação de solos contaminados tornou-se cada vez mais importante, uma vez que solos contaminados por resíduos sólidos ou efluentes ricos em metais pesados, compostos orgânicos e outros poluentes podem ser fontes de contaminação potencialmente nocivas aos seres vivos.

Dentre os vários tipos de contaminantes, os metais diferenciam-se dos compostos orgânicos tóxicos por serem absolutamente não degradáveis, de maneira que podem acumular no ambiente onde manifestam sua toxicidade (BAIRD, 2002).

Na última década o tratamento eletroquímico tem sido freqüentemente aplicado para a remoção de compostos orgânicos e de metais tanto de resíduos líquidos quanto de resíduos sólidos (PAMUKCU, 1992).

O esgoto sanitário das cidades normalmente possui teores de metais pesados, uma vez que inclui quase sempre uma parcela de despejos industriais, sendo estes a principal fonte de metais no mesmo. Em menor quantidade, são provenientes da própria natureza dos resíduos domésticos, das canalizações e das águas pluviais de escoamento de superfícies metálicas ou mesmo das ruas (CHAGAS, 2000). Este efluente deve sofrer tratamento antes de seu despejo nos corpos hídricos.

O resíduo do tratamento de esgoto é chamado de lodo de esgoto. Nele estarão presentes todos os metais removidos do efluente sanitário. Uma alternativa ambientalmente correta para destinação final deste lodo é o reaproveitamento como adubo orgânico, uma vez que é rico em matéria orgânica e outros nutrientes. Para isso, o lodo de esgoto deve apresentar concentrações de agentes patogênicos e de metais pesados abaixo dos limites estabelecidos (RIBEIRO, 2010). No Brasil, os critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário são abordados pela Resolução CONAMA nº 375/2006.

A proposta desta pesquisa é a aplicação da técnica eletroquímica de remediação eletrocínética no tratamento do lodo de esgoto contaminado por metais pesados, visando o atendimento a uma necessidade de alternativas que eliminem ou minimizem o impacto ambiental causado por esse tipo de resíduo.

### 2 METODOLOGIA (MATERIAL E MÉTODOS)

Neste trabalho foram utilizadas amostras do leito de secagem do Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado (RALF) da cidade de Pelotas/RS. A coleta de amostras foi realizada em novembro de 2010, sendo estas estocadas a 4°C até o uso.

A caracterização físico-química do lodo foi realizada através triplicata das seguintes análises: pH, umidade, teor de carbono orgânico, teor de nitrogênio e teor dos metais chumbo, cobre, cromo, zinco e ferro.

Na determinação da umidade, tanto as cápsulas utilizadas como as amostras foram secas em estufa a 100°C até que se atingisse peso constante.

O procedimento de preparo das amostras para as determinações físico-químicas pH, teor de carbono orgânico, teor de nitrogênio e teor de metais consistiu em secagem em estufa, a 60°C por 48h, seguida por maceração e peneiramento, sendo a fração < 63µm utilizada nas análises.

Para a medição do pH, separou-se uma alíquota de 10cm<sup>3</sup> de lodo e diluiu em 10mL de água destilada. A medição foi realizada com pHmetro digital marca Digimed DM21.

A determinação do carbono orgânico foi feita por calcinação da amostra em mufla, e o nitrogênio total foi quantificado pelo método Kjeldhal.

Para determinação do teor de metais, foi adotado o tratamento químico da amostra proposto por Hortellani et al. (2008). O teor dos metais cobre, cromo, chumbo e zinco das amostras foi determinados através de espectrofotometria de absorção atômica em chama, em espectrômetro PerkinElmer, modelo AAnalyst 200. O teor de ferro das amostras foi determinado através de espectrofotometria UV-VIS, em espectrofotômetro Varian, modelo Cary 1E.

Nos ensaios de eletrorremediação, utilizou-se uma célula eletroquímica construída em acrílico, tendo como ânodo dois bastões de grafite e como cátodo uma placa de aço inox. A amostra 100g de lodo foi mantida entre os eletrodos pelo uso de dois suportes de acrílico perfurados, recobertos por papel filtro.

O sistema operou com uma solução eletrolítica de 0,025 mol L<sup>-1</sup> NaCl, com vazão 1,34 L h<sup>-1</sup>, e sob tensão constante de 20 V.

O experimento teve duração de 40 horas (8 horas por dia durante 5 dias). Foram recolhidas amostras de lodo e da solução eletrolítica do cátodo ao final de cada dia de experimento.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de pH, umidade, teor de carbono, teor de nitrogênio e relação C/N são mostrados na Tab. 1.

Tabela 1 - Características físico-químicas do lodo estudado

pH	Umidade %	C:N %	C %	N %
5,71 <sup>a</sup>	65,51	9:1	28,48	3,28

<sup>a</sup> medido a 29,2°C

O valor de pH ficou dentro da faixa encontrada para lodos de esgoto de natureza semelhante (PEQUENO et al. 2008, *apud.* RIBEIRO, 2010). O pH inicial relativamente baixo do lodo favorece a remoção de espécies metálicas (MATSUMOTO, 2007).

A umidade foi considerada alta tendo em vista o local de procedência da amostra. Contudo, o valor encontrado pode ser explicado em função do tempo em que o lodo estava no leito de secagem. Logo que é posto a umidade tende a ser alta, diminuindo conforme o tempo.

Os valores encontrados para os teores de carbono e nitrogênio, bem como a relação C:N, indicam que este lodo contém altos teores de nutrientes. Para a técnica de eletrorremediação tais teores são desfavoráveis, pois indicam que os metais

presentes podem estar aderidos à matéria orgânica, sendo mais difícil a sua remoção.

As concentrações iniciais dos metais estudados, bem como seu decaimento e a percentagem de remoção conforme o tempo, no ensaio de eletrorremediação, são mostrados na Tab. 3.

Tabela 3 - Decaimento da concentração e a percentagem de remoção de metais com o tempo, para lodo na condição natural, durante processo de eletrorremediação

tempo horas	EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO									
	Cu		Cr		Zn		Pb		Fe	
	C ( $\mu\text{g/g}$ )	Remoção (%)	C ( $\mu\text{g/g}$ )	Remoção (%)	C ( $\mu\text{g/g}$ )	Remoção (%)	C ( $\mu\text{g/g}$ )	Remoção (%)	C ( $\mu\text{g/g}$ )	Remoção (%)
0	164,5	0,0	69,2	0,0	263,0	0,0	67,3	0,0	41.731,5	0,0
8	154,0	6,4	56,4	18,4	249,5	5,1	50,1	25,6	41.500,0	0,6
16	128,0	22,2	49,8	28,1	158,3	39,8	39,8	40,9	36.750,0	11,9
24	108,3	34,2	50,0	27,7	122,2	53,5	39,5	41,3	39.250,0	5,9
32	112,7	31,5	45,5	34,3	125,8	52,2	31,3	53,5	33.000,0	20,9
40	73,0	55,6	31,3	54,8	83,8	68,1	18,8	72,0	20.250,0	51,5

As concentrações iniciais dos metais estão de acordo com aqueles esperados para lodos de estação de tratamento de efluentes.

Conforme a Resolução CONAMA nº 375/2006, os metais cobre, cromo, chumbo e zinco estão dentro da concentração máxima permitida. Esta legislação não apresenta valores máximos permitidos para ferro. O excesso deste metal na amostra é provavelmente devido ao emprego de sais de ferro no tratamento do efluente sanitário que origina o lodo utilizado.

A Tab. 3 mostra uma queda nos valores de concentração dos metais e, conseqüentemente, um aumento na percentagem de remoção destes com o tempo. Após 40 horas de experimento, todos os metais estudados obtiveram taxas de remoção superiores a 50%, com destaque para o zinco, com 72% de remoção.

O comportamento do pH da água na região catódica (saída do reator eletroquímico) ao longo do tempo pode ser visto na Tab. 4.

Tabela 4 - pH da solução eletrolítica na região catódica

Tempo (horas)	0	8	16	24	32	40
pH água	8,81	9,31	6,47	3,71	3,64	6,74

A Tab. 4 mostra uma queda para os valores de pH nas primeiras 24 horas. Esse comportamento pode estar associado à remoção das hidroxilas, formadas no cátodo, pelas espécies metálicas, através da formação de hidróxidos insolúveis.

Nas últimas 8 horas de experimento, percebe-se aumento do pH, devido, provavelmente, à menor disponibilidade de espécies no sistema (GUARACHO, 2005).

#### 4 CONCLUSÃO

O processo eletrocinético adotado nesse trabalho mostrou-se eficiente e os resultados mostram a viabilidade de utilização da técnica eletroquímica de remediação eletrocinética para remoção de metais de lodo de estação de tratamento de esgoto.

## 5 REFERÊNCIAS

BAIRD, C. Química ambiental. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

CHAGAS, Welington Ferreira. **Estudo de patógenos e metais em lodo digerido bruto e higienizado para fins agrícolas, das estações de tratamento de esgotos da ilha do governador e da Penha no estado do Rio de Janeiro**. 2000. (Mestrado em Ciências em Saúde Pública), - Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, fevereiro de 2000.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 375**. Critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, de 29 de agosto de 2006, Diário Oficial da União, Brasília, DF, 29 ago. 2006.

GUARACHO, Viviane Ventura. **Remediação eletrocinética de chumbo e níquel em solos de landfarming de refinaria**. 2005 (Mestrado em Engenharia Mecânica), - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 30/08/2005

HORTELLANI, M. A., SARKIS, J. E. S., ABESSA, D. M. S., SOUSA, E. C. M. Avaliação da contaminação por elementos metálicos dos sedimentos do Estuário Santos – São Vicente. **Química Nova**, v. 31, n.1, p. 10-19, 2008.

MATSUMOTO, Norio; HIROAKI, Uemoto; HIROSHI, Saiki. Case study of electrochemical metal removal from actual sediment, sewage and scallop organs and subsequent pH adjustment of sediment for agricultural use. **Water Research**, v. 41 n.12, p. 2541-2550, 2007

PAMUKCU, S., WITTLE, J.K. Electrokinetic removal of selected heavy metals from soil. **Environ. Prog.**, v.11, n.3, p. 241–250, 1992.

RIBEIRO, Lílian Medeiros. Caracterização do lodo proveniente do Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado - ETE – Pelotas. In: **XIX Congresso de Iniciação Científica UFPel**, Pelotas, 8/11/10 a 11/11/10. Anais do XIX CIC UFPel. Pelotas: UFPel, 2010 (CD-ROM)