Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas

ALTERAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE LODO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO

Honerio Coutinho de Jesus[1] (PQ); Pedro Henrique Pereira da Cunha[1] (IC); Fernando Silva Betim[1] (IC), Cláudia Maria Russo[2] (PQ); Luiz Carlos Prezotti[3] (PQ); Adelaide de Fátima Santana da Costa[3] (PQ)

[1]Professor-pesquisador - Universidade Federal do Espírito Santo – Depto de Química honerio2@cce.ufes.br [2]Pesquisador - Companhia Espírito Santense de Saneamento claudia.russo@cesan.com.br [3]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Téc. e Exten. Rural prezotti@incaper.es.gov.br

INTRODUÇÃO

A percolação das águas pluviais através do leito de resíduos dispostos em aterro sanitário geram um líquido rico em matéria orgânica e inorgânica. Ela se origina da biodegradação dos resíduos e, em vários casos, pelos produtos da sua queima incompleta. Destaca-se, neste contexto, a grande variabilidade química do lixiviado, em decorrência das condições ambientais da localização do aterro e das características dos resíduos (REINHART, 1998). Esse lixiviado possui cor escura e, em geral além da matéria orgânica dissolvida, possui compostos orgânicos xenobióticos, macrocomponentes inorgânicos e metais tóxicos (MORAIS, 2006). Devido à alta complexidade do líquido lixiviado aliada a sua baixa biodegradabilidade, sua remediação por técnicas convencionais tem se tornado um grande desafio, demandando, portanto, investigações de novas alternativas de tratamento, dentre as quais merecem destaque os tratamentos físico-químicos. Tecnologias eletroquímicas vêm sendo utilizadas para tratar efluentes que contêm poluentes refratários (CHEN, 2004), e processos oxidativos avançados utilizando reativos de Fenton (uma combinação entre sal de ferro II e peróxido de hidrogênio) tem se mostrado eficientes para a oxidação de compostos orgânicos (BIDGA, 1995).

Após a utilização desses tratamentos, resta-se um lodo rico em matéria orgânica e diversos nutrientes, dentre eles fósforo, nitrogênio e potássio, os quais são altamente importantes

para a agricultura, o que possibilita seu uso em plantações (MATOS, 2008). Para isso, faz-se necessária a caracterização do lodo gerado.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de lodo deste trabalho foram coletadas no aterro sanitário da empresa Brasil Ambiental, localizada no município de Aracruz – ES. Este aterro está em operação desde o ano 2000, tendo sido projetado para uma vida útil de 30 anos. Ele opera com duas células de rejeitos, nomeadas de Célula II e Célula III pela empresa, cujos lixiviados são armazenados em lagoas de estabilização. Estes são posteriormente destinados à Estação de Tratamento de Efluentes da empresa (Figura 1a e b) para tratamento físico-químico, composto pela eletrocoagulação (2 reatores com eletrodo de ferro tipo colmeia) e pela oxidação química (reativo de Fenton). A ETE é dividida nas seguintes etapas: gradeamento e equalização; eletrocoagulação; decantação secundária; filtração em leito de quartzo; reator de oxidação (Fenton); e desaguamento de lodo (leito de secagem).



FIGURA 1a) Estação de tratamento de lixiviado do aterro sanitário da empresa Brasil Ambiental em Aracruz - ES. FIGURA 1b) Um dos reatores eletroquímicos abertos para eletrocoagulação de lixiviado.

O lodo coletado foi conduzido para o LQA, onde foi secado a 65°C em estufa com circulação de ar durante 4 dias. As amostras de lodo secas foram enviadas ao laboratório do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) em Venda Nova do Imigrante, onde os parâmetros de interesse foram determinados segundo método descrito em Embrapa (2009). Alguns metais também foram analisados no Laboratório de Química Analítica (LQA) da UFES por espectrometria de emissão com plasma (ICP OES), utilizando o equipamento Optima 7000 DV da Perkin-Elmer, após a digestão das amostras com HNO_3, HCl e H_2O_2 (Embrapa, 2009). Os resultados foram comparados com a resolução Conama 375/06 (BRASIL, 2006) e valores de referência do Incaper.

Após as análises do lodo, foi realizada a incubação do solo com o lodo seco. Utilizou-se o Latossolo Vermelho Amarelo distrófico obtido da fazenda experimental do Incaper em Venda Nova do Imigrante. Foram pesadas alíquotas de 2 Kg de solo e adicionadas em cada uma, doses crescentes do lodo (incubação), aplicando-se doses equivalentes a 0; 10; 20; 30; 40 e 50 t/ha. Cada alíquota de solo foi contida em vasos plásticos fechados, com umedecimento diário.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para o lodo seco são apresentados na Tabela 1. Uma comparação destas concentrações de metais com as da resolução Conama 375 indica um teor elevado de Ba e Zn no lodo de lixiviado analisado, e teores não críticos de metais tóxicos (Cr, Cd, Pb).

TABELA 1 - Metais pesados e parâmetros agronômicos determinados no lodo gerado pela ETE da empresa Brasil Ambiental (base seca). Valores em asterisco levantados pelo LQA.

	Cr	Ni	Cu	Cd	Ba	Pb	Zn	Mn	Sr	B
	mg/kg									
Lodo analisado	70	12	85 169	13	3191	332	2980 5047	590 743	189	59
Legislação	1000	420	1500	39	1300	300	2800	-	-	-

	pH	C/N	umid.	MO	N	P	K	Ca	Mg	Fe
			dag/kg							
Lodo analisado	6,7	14	5	55	2,3	0,21	0,35	1,25	0,15	3,29

A relação carbono e nitrogênio (C/N) é baixa, indicando que o lodo utilizado neste trabalho encontra-se com o processo de mineralização estabilizado.

As demais variáveis se assemelham à maioria dos adubos orgânicos obtidos por processo de compostagem com exceção do teor de Fe, o qual se encontra com valor elevado. Provavelmente isto se deve a decomposição dos eletrodos de ferro nos reatores eletrolíticos da estação de tratamento, com formação de $Fe(OH)_2$.

As características químicas do solo após incubação com doses crescentes de lodo são apresentadas na Tabela 2.

A aplicação do lodo ao solo contribuiu para o aumento dos teores de P, K, Na, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn, Cu e B.

O aumento do teor de P segue uma tendência linear segundo o modelo P = 0,209 Dose + 1,257 (R^2 = 0,961**) indicando uma taxa de acréscimo no solo de 0,209 mg/dm^3 de P por tonelada de lodo aplicado. Esta característica é importante para o uso agrícola, pois os solos tropicais são naturalmente pobres em P.

Os teores de K aumentaram segundo o modelo K = 0,288 Dose + 10,95 (R^2 = 0,979**) indicando uma taxa de acréscimo no solo de 0,288 mg/dm^3 de K por tonelada de lodo aplicado. Comparado com outros fertilizantes orgânicos, esta elevação é considerada pequena. Para sua utilização na agricultura, certamente haveria necessidade de uma complementação com outra fonte de K para as culturas.

TABELA 2 - Características químicas do solo incubado com doses crescentes de lodo de lixiviado de aterro sanitário.

Dose Lodo t/ha	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T
	mg/dm^3			cmol$_c$/dm^3						
0	*1,0*	*12*	6	*0,2*	*0*	1,0	4,4	*0,2*	*1,1*	4,5
10	*4,3*	*13*	8	*0,4*	*0,1*	0,8	3,9	*0,6*	*1,3*	4,5
20	*5,3*	*16*	12	*0,7*	*0,1*	0,7	3,8	*0,8*	*1,4*	4,6
30	*7,0*	*20*	18	*1,0*	*0,2*	0,5	4,1	*1,3*	*1,8*	5,4
40	*8,7*	*22*	22	*1,3*	*0,2*	0,5	4,1	*1,6*	*2,1*	5,6
50	*12,7*	*26*	30	1,6	*0,2*	0,3	3,9	2,0	*2,3*	6,0

Dose Lodo t/ha	pH	V	m	ISNa	MO	Zn	Fe	Mn	Cu	B
		%				mg/dm^3				
0	5,3	*5*	85	0,1	1,7	2	395	6	*0,4*	*0,27*
10	5,2	*13*	57	0,1	1,7	27	464	8	*0,4*	*0,30*
0	5,2	*18*	46	0,1	1,6	36	528	10	*0,6*	*0,30*
30	5,2	*25*	26	0,2	1,9	70	682	14	0,9	*0,29*
40	5,2	*28*	24	0,2	2,0	83	785	16	1,1	*0,34*
50	5,2	*34*	*14*	0,2	2,3	108	937	19	1,4	*0,34*

Praticamente não houve contribuição no aumento do teor de Mg no solo pela aplicação das doses de lodo. Para sua utilização na agricultura, assim como o K, haveria necessidade de uma complementação com outra fonte de Mg para as culturas.

Relativo aos micronutrientes Zn Mn Cu e B houve elevações importantes nos seus teores, indicando ser o lodo uma boa fonte destes elementos para a agricultura.

Não houve alteração dos valores de pH, entretanto houve uma redução da disponibilidade de Al trocável, que é um elemento tóxico às plantas. Esta redução da disponibilidade de Al provavelmente se deve a uma reação de complexação com os compostos orgânicos. Houve aumento dos teores de matéria orgânica, sendo este um importante fator para melhoria da estrutura física do solo, o que favorece um maior desenvolvimento radicular das plantas.

CONCLUSÕES

O lodo de lixiviado de aterro sanitário se mostrou como uma fonte adequada de nutrientes e matéria orgânica para os solos e contribuiu para a redução da disponibilidade de Al^{3+}. Atenção deve ser dada ao elevado teor de Fe no lodo devido à decomposição dos eletrodos de ferro nos reatores eletrolíticos da estação de tratamento. Esta característica pode não ser adequada ao desenvolvimento das plantas, podendo causar toxidez. Deverão ser realizados experimentos com espécies vegetais para avaliação da absorção de nutrientes e metais pesados.

AGRADECIMENTOS

A empresa Brasil Ambiental pela cessão de lixiviado e lodo da estação de tratamento da empresa.

REFERÊNCIAS

BIGDA, R. J. Consider Fenton's Chemistry for wasterwater treatment. **Chemical Engineering Progress**, v. 91, n.12, p. 62 - 66, 1995.

CHEN, G. H. Electrochemical technologies in wastewater treatment. **Separation and Purification Technology** [S.I.], v. 38, n. 1, p. 11 - 41, Jul 2004.

BRASIL - Ministério do Meio Ambiente. **Resolução N^{o} 375 , de 29 de agosto de 2006**. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Conselho nacional do Meio Ambiente. 2006.

EMBRAPA. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes** / editor técnico, Fábio César da Silva – 2. ed. Ver. Ampl. – Brasília, DF: Empresa Informação Tecnológica, 2009.

MATOS, A. T. et al. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, 2008, p. 430-440.

MORAIS, J. L. et al. **Química Nova**, v.29, n.1, p.20-23. 2006.

REINHART, D.R. The impact of leachate recirculation on Municipal solid waste landfill operating characteristics. **Waste Management & Research**, 14, 337-346, 1998.