

## **LODO DE ESGOTO HIGIENIZADO POR PROCESSO ALCALINO NO pH DE SOLOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DA TAXA DE APLICAÇÃO MÁXIMA ANUAL**

**Beatriz Monte Serrat, Simone Bittencourt, Lia Márica Kugeratski de Souza Marin, Marcelo Ricardo de Lima, Cleverson Vitório Andreoli**

**Resumo** - Objetivou-se analisar curvas de pH de três solos representativos da Região de Curitiba para determinação de suas respectivas taxas de aplicação máxima anual de lodo de esgoto higienizado pelo processo de estabilização alcalina prolongada (lodo EAP), conforme determina a legislação vigente, e para comparação com o método de saturação de bases (V%). Os solos foram incubados com seis doses de lodo EAP e o pH avaliado aos 7, 14, 30, 45, 60 e 75 dias, estabelecendo-se a taxa de aplicação máxima anual de lodo EAP. Concluiu-se que o solo CHd2, com a CTC e teor Carbono mais elevados, atingiu o pH 7 com 49 t ha<sup>-1</sup> de ST; o LBd com 38 t ha<sup>-1</sup> de ST e o CHd1, o mais restritivo, indicou que a aplicação anual de lodo EAP não deverá ultrapassar a 31 t ha<sup>-1</sup> de ST. Sugeriu-se cautela na seleção do solo representativo. As quantidades de lodo EAP recomendadas pelo método V% foram iguais ou ligeiramente superiores às quantidades que atingiram pH 6 pelo método de incubação.

**Palavras-Chave:** Resolução CONAMA 375, biossólido, uso agrícola do lodo.

## **SEWAGE SLUDGE SANITIZED BY ALKALINE PROCESS IN THE SOIL pH FOR METROPOLITAN REGION OF CURITIBA: A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MAXIMUM ANNUAL RATE OF APPLICATION**

**Abstract-** Objective of this study was to test two methods which were used to obtain the maximum annual application rates (MAAR) for alkaline sewage sludge (ASS): standard method and calculate by soil bases saturation (V%). Three soils from Curitiba Region were used. The soil materials were incubated with six rates of ASS and pH was measured in six days. The results indicated that the soil pH form CHd2 soil reached pH 7 with 49 t ha<sup>-1</sup> dry ASS application. Similar pH value was reached by application of 38 and 31 t ha<sup>-1</sup> of ASS for LBd and CHd1 soils, respectively. Due to large variation on MAAR among soil, it was suggested caution in selecting representative soil. The application of ASS shall not exceed the 31 t ha<sup>-1</sup> of ASS. The quantities of ASS method recommended by the V% was equal to or slightly higher than the amounts that reached pH 6 by the method of incubation.

**KeyWord:** Resolution CONAMA 375, biosolids, agricultural use of sewage sludge.

### **1. INTRODUÇÃO**

O lodo de esgoto gerado nas Estações de Tratamento de Esgoto - ETEs da Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR é higienizado pelo processo de Estabilização Alcalina Prolongada (lodo EAP) (Paraná, 2007), o qual é sanitariamente eficiente (EPA, 1992; Thomaz-Soccol et al.,1999) e converte o lodo em corretivo de acidez do solo, o que pode trazer vantagens agronômicas e econômicas aos agricultores.

O uso agrícola do lodo de esgoto no Estado do Paraná segue as determinações das Resoluções CONAMA 375/06 (Brasil, 2006) e SEMA 001/07 (Paraná, 2007), as quais determinam que a taxa de aplicação máxima anual de lodo de esgoto deve garantir que o pH final da mistura solo-lodo de esgoto alcalinizado não ultrapasse o limite de sete.

No entanto, a faixa de pH em água entre 6,0 e 6,5 tem sido considerada excelente para a maioria das plantas cultivadas, sendo que algumas culturas (milho, trigo e soja) apresentaram efeito depressivo

na produtividade em valores superiores a 7.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi obter e analisar curvas de elevação de pH de três solos da Região de Curitiba para determinação das taxas de aplicação máxima anual de lodo EAP, conforme estabelece a legislação vigente e para comparação com o método de saturação por bases.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Três tipos de solo de importância agrícola foram selecionados na Região Metropolitana de Curitiba – PR, sendo: CHd1: Cambissolo Húmico Distrófico típico coletado em Pinhais -PR, com 4,4 de pH CaCl<sub>2</sub>; 26 de V%; 27,5 g dm<sup>-3</sup> de C e 525 g kg<sup>-3</sup> de argila; CHd2: Cambissolo Húmico Distrófico típico (argissólico) coletado em Piraquara - PR, com 4,1 de pH CaCl<sub>2</sub>; 6 de V%; 45,6 g dm<sup>-3</sup> de C e 425 de argila; Lbd: Latossolo Bruno Distrófico típico coletado em Araucária - PR, com 4,0 de pH CaCl<sub>2</sub>; 7 de V%; 26,9 g dm<sup>-3</sup> de C e 650 g kg<sup>-3</sup> de argila.

O experimento foi conduzido em laboratório (05/2007), empregando-se ensaio de incubação para obtenção de curva de elevação de pH dos solos (Brasil, 2006). Utilizou-se lodo de esgoto da ETE Belém - Sanepar, resultante de tratamento aeróbio, desaguado e higienizado por processo alcalino (lodo EAP), com adição de cal a 50% dos sólidos totais (ST), estando com pH 9,22 no início do experimento.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 3 repetições, em arranjo fatorial (6x3x6), sendo seis doses do fator lodo EAP: 0, 5, 10, 20, 40 e 80 t ha<sup>-1</sup> de ST, três tipos de solo (CHd1, CHd2, Lbd) e seis períodos: 7, 14, 30, 45, 60 e 75 dias de avaliação. As médias foram comparadas através do teste de Tukey, ao nível de 95% de confiabilidade.

Para interação entre solo e lodo foi obtida a curva de elevação do pH em função das doses de lodo, visando identificar a taxa de aplicação máxima anual para cada solo. A análise de Regressão Polinomial do pH versus dose de lodo EAP foi realizada e considerou-se o limite superior do Intervalo de Predição com 95% de confiabilidade (Draper e Smith, 1998), para indicar a quantidade de lodo EAP que não ultrapassasse o pH 7, aumentando a segurança em relação ao uso direto da equação. O método de incubação foi comparado ao método V%, conforme descrito por Andreoli et al. (2001).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Curvas de pH em Função das Doses de Lodo EAP

Verificou-se que entre os três solos estudados o solo CHd2 obteve a maior taxa de aplicação

máxima anual de lodo EAP, 49 t ha<sup>-1</sup> ST, utilizando-se o limite superior do Intervalo de Predição (95% de confiabilidade - IP95%) das equações apresentadas na Figuras 01. O solo Lbd apresentou taxa de 38 t ha<sup>-1</sup> ST e o solo CHd1 foi o mais restritivo, atingindo o pH 7 com a menor quantidade, 31 t ha<sup>-1</sup> ST, fato devido ao seu pH superior aos demais no início da incubação e atributos como menores valores iniciais de alumínio trocável, acidez potencial e capacidade de troca catiônica. Assim, o solo CHd1 define, entre os três solos estudados, o valor máximo da taxa de aplicação máxima anual de lodo EAP.

### 3.2. Comparação entre o Métodos: Incubação e Saturação de Bases

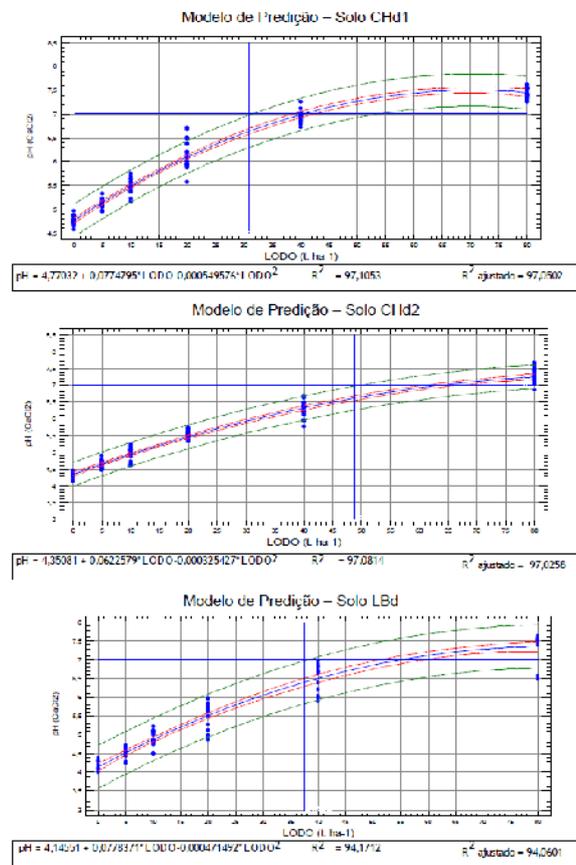


FIGURA 01 - ANÁLISE DE REGRESSÃO POLINOMIAL DE 2ª ORDEM DO COM INTERVALO DE CONFIANÇA DA MÉDIA DOS VALORES DE pH OBSERVADOS (IC95% - linha vermelha), INTERVALO DE PREDIÇÃO DOS VALORES DE pH PREDITOS (IP95% - linha verde).

A Tabela 01 apresenta uma comparação dos resultados obtidos pelo método de incubação com o de Saturação de Bases, adotando o PRNT = 120% e o V% para a cultura de 70. Verificou-se que as taxas de aplicação calculadas seriam respectivamente de 12,4; 26 e 20,5 t ha<sup>-1</sup> ST, para os solos CHd1, CHd2 e Lbd (Tabela 01, coluna 2). Pelo limite superior do Intervalo de Predição (IP95%) obtido pelo método de incubação (Tabela

01, coluna 3) todos os solos com essas quantidades atingiriam o pH 6 (CaCl<sub>2</sub>), indicando que o método de saturação de bases, seguindo orientação de Andreoli et al. (2001), apresentou-se potencialmente adequado para determinação da taxa de aplicação máxima de lodo EAP.

Os resultados indicam a importância da continuidade dos estudos de incubação com lodo EAP, pois o método permite o monitoramento dos solos, porém é de execução demorada. Assim um trabalho comparativo com o método V% poderia aproximar a recomendação do lodo EAP aos valores obtidos pelo método de incubação.

Finalmente, sugere-se cautela na seleção de apenas um solo por região para o estabelecimento da taxa de aplicação máxima anual de Lodo EAP, pois foram identificadas importantes variações entre as respostas dos solos estudados.

TABELA 01 – COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE RECOMENDAÇÃO DE TAXA DE APLICAÇÃO DE LODO EAP

SOLO	MÉTODOS DE RECOMENDAÇÃO PARA A CORREÇÃO DO SOLO			
	Saturação por Bases	Curva de Incubação *		
	Andreoli et al. (2001) (PRNT da cal = 120%; V <sub>2</sub> = 70%)	pH <sub>CaCl2</sub> 6,0	pH <sub>CaCl2</sub> 6,5	pH <sub>CaCl2</sub> 7,0**
	QUANTIDADE DE LODO EAP (t ha <sup>-1</sup> ST)			
CHd1	12,4	12	21	31
CHd2	26	24	35	49
LEd	20,5	19	27	38

\* (Limite superior do Intervalo de Confiança de 95%; Figuras 1, 2 e 3); \*\* Taxa de Aplicação Máxima Anual

#### 4. CONCLUSÕES

- Os três solos apresentaram elevação do pH com o aumento das doses do Lodo de Esgoto EAP aplicadas.
- O solo CHd1, pelo método de incubação, definiu o valor limite da taxa de aplicação máxima de lodo EAP (31 t ha<sup>-1</sup> ST).
- O método do V% indicou quantidades de lodo EAP

iguais ou ligeiramente superiores às que obtiveram pH entre 6 pelo método da incubação, não ultrapassando o limite exigido pela legislação (pH 7).

#### 5. AGRADECIMENTOS

À USEG e aos profissionais da ETE Guaraituba; aos acadêmicos do Curso de Engenharia Agrônômica da UTFPR Caio Cesar Simão e Cheila Carafin, estagiários da SANEPAR e ao estatístico Nério Cardoso pelo apoio profissional na área.

#### REFERÊNCIAS

- ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E.S.; FERNANDES, F. Disposição do lodo no solo. In: ANDREOLI, C.V.; SPERLING M. VON; FERNANDES F. Lodo de esgoto: tratamento e disposição final. Belo Horizonte: UFMG- Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; SANEPAR, 2001.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA no 375. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, n. 167, 30 ago 2006, p. 141-146.
- DRAPER, N.R.; SMITH JR., H. Applied Regression Analysis. 3a Edição. Nova Iorque, EUA: John Wiley & Sons, 1998. 706 p.
- EPA – Environmental Protection Agency . Environmental regulation and technology controll of pathogens and vector attaction in sewage sludge. 40 CFR. Part 503 . 625/R-92/013, 1992.
- PARANÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Resolução SEMA 001/07. Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. Diário Oficial do Estado do Paraná, Curitiba, n. 7395, 2007.
- THOMAZ-SOCCOL, V.; Paulino, R.C.; Castro, E. Aspectos sanitários do uso agrícola do lodo de esgoto: helmintos e protozoários. In: Reciclagem agrícola de lodos: transformando problemas em soluções. Curitiba: SANEPAR, ABES, 1999. p. 156-179.