



Verificação da Longevidade do Processo de Caleação após a Estocagem Alcalina Prolongada de Lodo de Esgoto

Mariana Espíndola de Souza¹, Simone Bittencourt², Karina Kriguel³, Edna Faria Barreto⁴, Jean Carlos da Silva⁵

¹Sanepar(mariana.souza@sanepar.com.br)

² Sanepar (sbittencourt@sanepar.com.br)

³ Sanepar(karinak@sanepar.com.br)

⁴ Sanepar (ednafb@sanepar.com.br)

⁵ Sanepar(jeancs@sanepar.com.br)

Resumo

O objetivo deste trabalho é verificar a longevidade do processo de caleação após a estocagem alcalina prolongada de lodo de esgoto tratado em duas estações de tratamento de esgoto, uma utiliza o processo de desague de leitos de secagem e outra o desague mecânico utilizando centrifuga. A necessidade desta pesquisa se baseia nos processos permitidos pelos órgãos ambientais federais e estaduais brasileiros para o tratamento, disposição e destino final deste material. Para tanto verificou-se a necessidade de avaliar o decaimento do pH ao longo do período de estudo. Os resultados obtidos demonstraram que para um lodo com maior teor de sólidos pode-se inserir no processo de higienização menor quantidade de cal enquanto para um lodo com menor teor de sólidos se necessita de maior quantidade de cal para atender a legislação vigente, isto é, pH igual ou superior a 12,30 dias após a caleação.

Palavras-chave: Processo de higienização de lodo de esgoto. Processo alcalino. Legislação.

Área Temática: Águas Residuárias; Resíduos Sólidos.

Verification of the longevity os the lime process after prolonged alkaline storage of sewage sludge

Abstract

The goal of this work is to verify the longevity of the lime process for sefinfection after the prolonged alkaline storage of treated sewage sludge in two Wastewater Treatment Plant (WWTP), one uses the drying bed drainage process and the other the mechanical drainage using a centrifuge. The need for this research is based on the processes allowed by Brazilian federal and state environmental agencies for the treatment, disposal and final destination of this material. For this, it was verified the need to evaluate the pH decay throughout the study period. The results obtained showed that for a sludge with higher solids content, it is possible to insert less lime in the sanitization process, whereas for sludge with a lower solids content, a higher quantity of lime is required to comply with the current legislation, pH equal to or greater than 12, 30 days after lime misture process.

Key words: Process of sanitation of sewage sludge. Alkaline Process. Legislation and laws.

Theme Area: Wastewater; Solid Waste



1 Introdução

A aplicação agrícola de lodo gerado em Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) é uma forma de destino final sustentável, visto que transforma um material potencialmente poluente em um insumo agrícola. Essa forma de destinação proporciona a redução das doses de aplicação de fertilizantes minerais e melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo, contribuindo para o cultivo de alimentos e para conservação do solo e da água.

Neste contexto, o uso na agricultura do lodo de esgoto apresenta-se como uma das alternativas de destinação final viáveis sob os aspectos ambientais, econômicos e sociais, desde que sejam adotada medidas de controle, de maneira a garantir a proteção do ambiente e da saúde humana e animal (LARA, 2001; SOCCOL et al. 2010).

Entre as medidas a serem adotadas está o processo de higienização, que tem por objetivo reduzir a patogenicidade do lodo de esgoto em níveis que não venham a causar riscos à saúde da população, de acordo com a legislação vigente (PINTO, 2001).

Os lodos são classificados em duas Classes, A e B, de acordo com no número mais provável (NMP) de coliformes fecais, o primeiro possui no máximo 1000 por grama e o segundo no máximo 2000 por grama. Outra classificação está relacionada ao processo de tratamento adotado, sendo denominado de processos de tratamento com redução adicional de patógenos (PRAP) e de processos de redução significativa de Patógenos (PRSP). Ambas classificações foram propostas, avaliadas e elaboradas pela Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA) por meio da norma 40 CFR503 e implicam em restrições quanto a aplicação futura e ao uso deste material após o tratamento.

Insta salientar que na estabilização alcalina (prolongada ou não) não há a eliminação dos compostos orgânicos necessários para o crescimento de bactérias, recomenda-se que o lodo seja tratado com excesso de cal em no mínimo 50% além do necessário ou que seja destinado e utilizado antes que ocorra redução significativa do pH (METCALF & EDDY, 2013). A Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA) classifica o processo de estabilização alcalina como PRSF, que resulta na produção de lodo Classe B após a elevação e manutenção do pH acima de 12 por um período de 2 horas.

No Brasil, a Resolução Conama 375/06 (BRASIL, 2006), que normatiza a utilização agrícola de lodo de esgoto, estabelece seis processos de redução adicional de patógenos que podem ser empregados para obtenção de lodo com padrão de qualidade sanitária Classe A. No entanto, a Resolução permite que outros processos sejam propostos desde que aceitos pelo órgão ambiental, após a comprovação de sua eficiência.

Dessa forma, em estudo de um programa interdisciplinar de pesquisas em tecnologias alternativas de higienização de lodo de esgoto, Thomaz-Soccol et al. (1997) comprovaram que o processo de estabilização alcalina prolongada apresenta-se eficiente para obtenção de lodo classe A, nas condições do Estado do Paraná. Esse processo foi aceito pelo órgão ambiental estadual e incorporado na legislação por meio da Resolução Sema 021/09 (PARANÁ, 2009) que estabelece os critérios para aplicação agrícola do lodo de esgoto no Paraná.

A Resolução Sema 021/09 define que o processo de estabilização alcalina prolongada (EAP) consiste na adição de quantidade suficiente de reagente alcalino para elevação e manutenção do pH em no mínimo 12, por período mínimo de 30 dias, determinando, também, que o critério a ser observado para verificação da aceitabilidade do processo quanto à redução de atratividade de vetores é de que o pH deve ser mantido acima de 11 até a aplicação do material em solo agrícola (PARANÁ, 2009). A resolução classifica esse processo como PRAP.

No entanto, resultados mostraram que os valores de pH de lodo tratado pelo processo



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

EAP, destinado a uso agrícola no Paraná, não se mantiveram no nível de 12 até o momento da caracterização dos lotes. Fato que não comprometeu sua higienização, uma vez que, todos os lotes destinados apresentaram níveis de sanidade de acordo com a Resolução SEMA 021/2009: coliformes tolerantes < 103 número mais provável por grama de sólidos totais (NMP.g-1 ST); < 0,25 ovos viáveis de helmintos por grama de sólidos totais; ausência de Salmonella em 10 g de ST e vírus < 0,25 unidades formadoras de placa ou de focos por grama de ST (UFP ou UFF.g-1 de ST). Lotes de lodo produzidos na Região Metropolitana de Curitiba (RMC), destinados a uso agrícola nos períodos de 2007 a 2013 e de 2014 a 2015 apresentaram, respectivamente, médias de pH de 11,7 e 11,1 (BITTENCOURT, SERRAT, AISSE, 2017; BITTENCOURT, 2017). Enquanto nos períodos de 2011 a 2013 e de 2014 a 2015, lotes produzidos e destinados no interior do Estado do Paraná, apresentaram, respectivamente, médias de pH de 8,2 e 9,3 (BITTENCOURT, SERRAT, AISSE, 2016; BITTENCOURT, 2017).

Dessa forma, o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o comportamento de pH, cálcio, magnésio, sólidos totais e voláteis de lodos gerados em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) da Região Metropolitana de Curitiba (RMC) higienizados por EAP, por um período de 272 dias após a higienização.

2 Metodologia

O estudo foi desenvolvido em duas ETEs da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), localizadas na RMC, cujas características de tratamento de esgoto e de tratamento do lodo, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características de tratamento de esgoto e de procedimentos para o tratamento do lodo utilizado no estudo.

Características	ETE Cachoeira, Araucária	ETE Santa Quitéria, Curitiba
Capacidade de tratamento de esgoto ($L\ s^{-1}$)	140	420
Sistema de tratamento de esgoto	Anaeróbio em reator tipo UASB	Anaeróbio em reator tipo UASB
Pós tratamento do esgoto	não	Flotação por ar dissolvido
Desaguamento do lodo	Leito de secagem	Centrífuga

O lodo foi misturado com cal dolomítica virgem ($CaO.MgO$) em betoneira, por meio de cargas em bateladas, nas dosagens apresentadas na Tabela 2, sendo que cada dosagem correspondeu a um tratamento do presente estudo. Após a homogeneização, por um período de cerca de 5 minutos, realizou-se o quarteamento de cada carga de lodo, conforme NBR 10.007 (ABNT, 2004), retirando-se um volume aproximado de 18 litros de cada tratamento e armazenando-o em balde. Os baldes foram identificados e dispostos em pátio coberto. Cada balde correspondeu a um tratamento do presente estudo.

Tabela 2: Características do tratamento realizado nos dois tipos de lodo utilizados no estudo.

Característica	ETE Cachoeira, Araucária	ETE Santa Quitéria, Curitiba
Massa da carga (média) utilizada para o preparo de cada tratamento (kg)	85	148
Sólidos totais do lodo bruto (%)	72	19
pH do lodo bruto	3,79	7,4
Sólidos totais voláteis do lodo bruto (%)	34	53
Ca do lodo bruto ($mg\ kg^{-1}$)	9749,8	15432,3
Mg do lodo bruto ($mg\ kg^{-1}$)	833,1	2659,5
Dosagens de cal (%)	0,5;8;14;17;23 e 24	0,9;21;31;43; 53 e 63



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Início do experimento	19/04/2016	04/07/2016
Coleta de amostra (dia)	1, 16, 29, 59, 90, 149, 272	1, 14, 29, 59, 115, 210, 266

As amostragens de cada tratamento foram realizadas em quadruplicata, nas datas apresentadas na Tabela 2. As amostras foram analisadas para determinação de pH em água, cálcio total (Ca), magnésio total (Mg), sólidos totais (ST) e totais voláteis (STV), em Laboratório da Sanepar, de acordo com as metodologias apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Variáveis analisadas e técnicas analíticas laboratoriais utilizadas.

Variáveis avaliadas	Técnica analítica	Unidade
pH	Method EPA 9045D: Soil and waste pH	-
ST, STV	Method EPA 1684: Total, Fixed, and Volatile Solids in Water, Solids, and Biosolids	%
Ca e Mg	Method EPA 3050B: acid digestions, sludges and soils	mg kg ⁻¹

O coeficiente de correlação foi calculado entre as variáveis avaliadas, considerando os resultados para todas as doses de adição de cal em todas as datas de amostragem, para os dois lodos, objetos do presente estudo.

3 Resultados

Na Tabela 4 verifica-se que, para a variável ST do lodo desaguado em centrífuga da ETE Santa Quitéria observou-se correlação nula com o pH, uma correlação média negativa com STV e média positiva com Ca, Mg e Ca+Mg. Este fato indica que possivelmente outros fatores, além da adição da cal, contribuíram para a variação dos ST no lodo da ETE Santa Quitéria nas condições experimentais do estudo. Já para o lodo da ETE Cachoeira a correlação entre ST e os demais parâmetros foi alta, indicando que a aplicação de doses crescentes de cal contribuiu para o aumento dos ST, pH, Ca e Mg e diminuição dos STV.

É importante considerar que o lodo bruto da ETE Santa Quitéria apresentava um teor mais baixo de ST (19%) e mais elevado de STV (53%) e pH (7,4) quando comparado ao lodo da ETE Cachoeira (ST - 72%, STV - 34%, e pH - 3,79), fatores que podem estar relacionados às diferenças entre coeficientes de correlação obtidos para os dois tipos de lodo.

Tabela 4: Coeficientes de correlação entre as variáveis analisadas.

Variável	ST	STV	Ca	Mg	Ca + Mg
Origem do lodo	Cachoeira	Santa Quitéria	Cachoeira	Santa Quitéria	Cachoeira
pH	0,8	0,0	-0,8	-0,5	0,9
ST			-0,8	-0,8	0,9
STV				-0,7	-0,9
Mg				1,0	1,0

Como era esperado, para ambos os lodos observou-se uma elevada correlação positiva entre pH e Ca e Mg e uma elevada correlação negativa entre pH e STV (Tabela 4), indicando que a aplicação de doses crescentes de cal contribuiu para o aumento do pH, Ca e Mg e diminuição dos STV.

Verifica-se, em ambos os lodos, um mesmo valor de correlação entre pH e Ca e pH e Ca+Mg (Tabela 4). A cal dolomítica virgem, utilizada no presente estudo, possui CaO e MgO que são substâncias químicas neutralizante de acidez. No entanto, o MgO não hidrata sob condições atmosféricas, reagindo prontamente apenas o CaO, porém o CaO.MgO tem reação



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

mais lenta e mais longa do que o CaO (PEGORINI et al., 2006a). Pegorini et al. (2006b) obtiveram níveis de pH mais elevados na mistura de CaO 93% para as mesmas dosagens das outras cales em lodo de esgoto, incluindo aquelas com maiores proporções de óxido de magnésio (MgO). Devido a estes fatos, optou-se em utilizar a variável Ca como uma indicadora de elevação de pH.

Nas condições do presentes estudo, para o lodo da ETE Santa Quitéria foi necessária uma quantidade de Ca acima de 10% para obtenção de pH acima de 12 (Figura 1). No caso do lodo da ETE Cachoeira a quantidade necessária foi de 6% (Figura 2). Pegorini et al. (2006b) verificaram que os lodos mais secos (49% e 60% de ST) demandaram doses menores de CaO para alcalinização e manutenção do pH, enquanto lodos mais úmidos requereram maiores dosagens.

O processo de higienização adotado no Paraná consiste na adição de material alcalino para elevação do pH a 12 e manutenção pelo período de 30 dias. Nos tratamentos utilizados no presente estudo, somente as dosagens de aplicação de cal acima de 14% para o lodo da ETE Cachoeira e acima de 43% para o lodo da ETE Santa Quitéria obtiveram pH acima de 12 no dia 1. Os tratamentos do lodo da ETE Santa Quitéria de dosagens de 43% e 53% não mantiveram o pH acima de 12 no período de 30 dias e os tratamentos da ETE Cachoeira de dosagens de 24 e 23% foram os que mantiveram o pH acima de 12 por um período mais longo (Figura 3).

No entanto, o comportamento para a variável Ca para os tratamentos que obtiveram pH acima de 12 no dia 1, apresentou pouca variação ao longo do experimento (Figura 4).

Figura 1: Gráfico de dispersão de pH e Ca para o lodo da ETE Santa Quitéria.

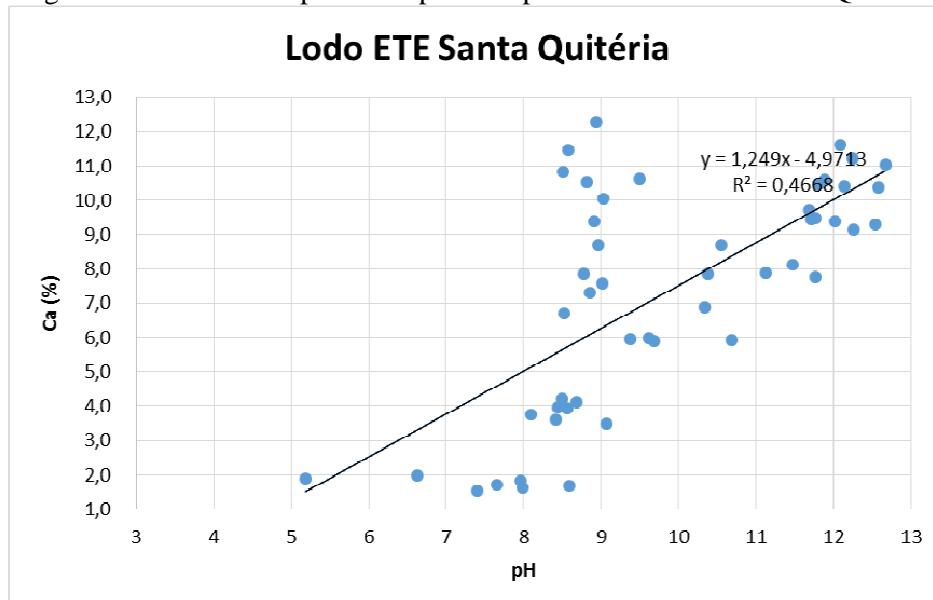


Figura 2: Gráfico de dispersão de pH e Ca para o lodo da ETE Santa Quitéria.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

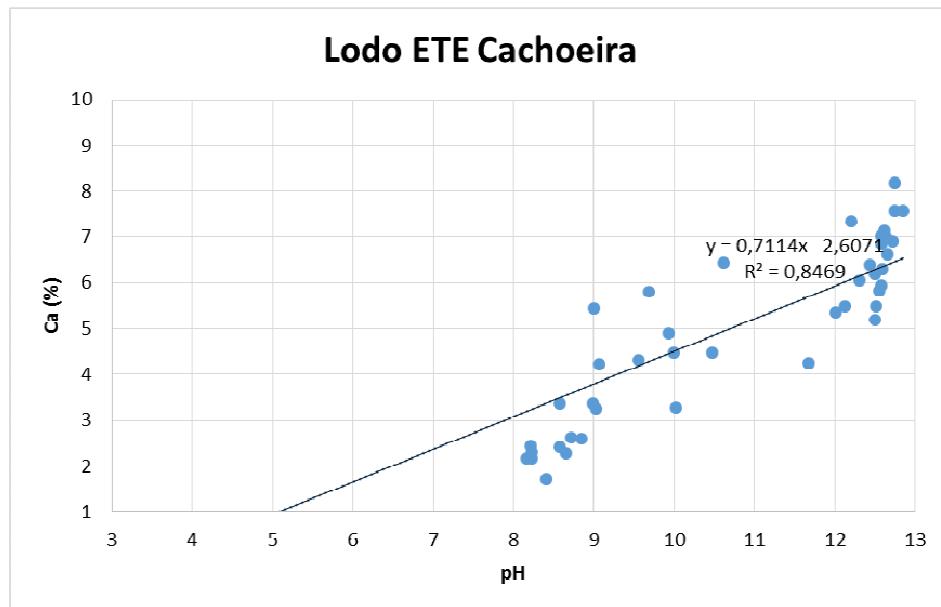


Figura 3: Decaimento de pH dos tratamentos de lodo das ETE Santa Quitéria (SQ) e da ETE Cachoeira(C) que alcançaram pH acima de 12 no dia 1 do experimento.

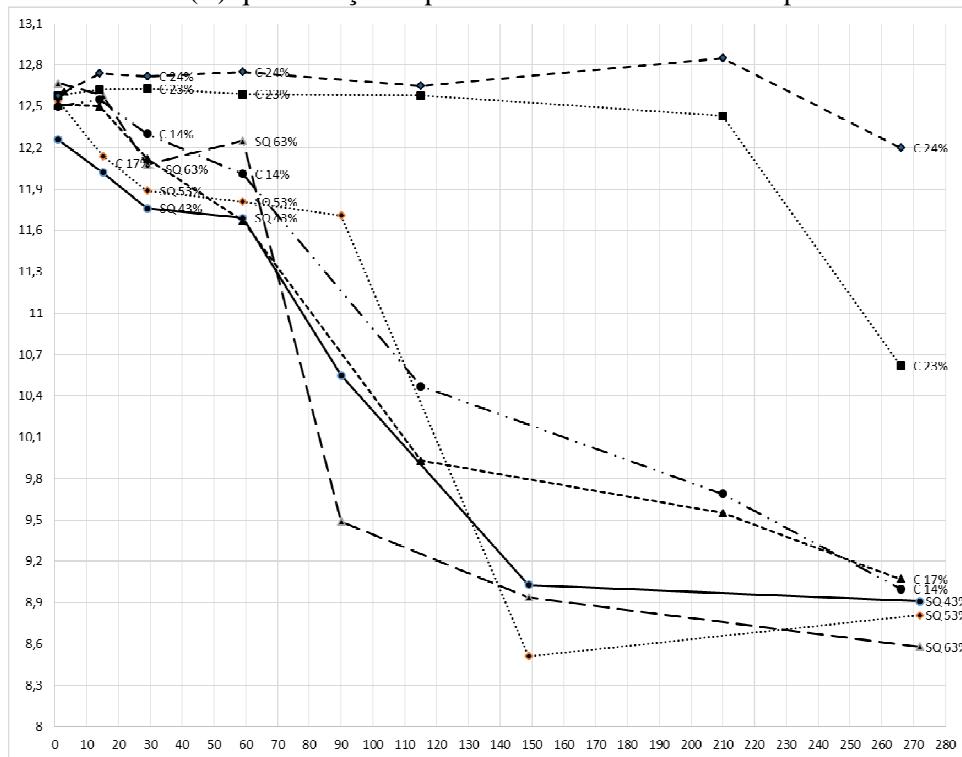
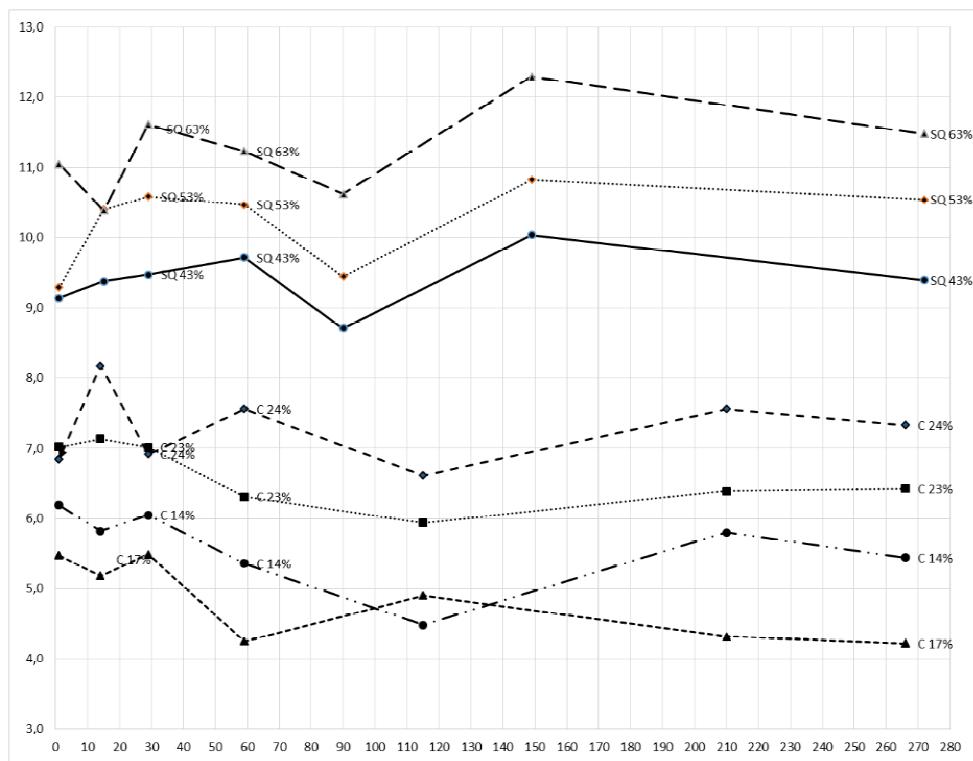


Figura 4: Comportamento da variável Ca dos tratamentos de lodo das ETE Santa Quitéria (SQ) e da ETE Cachoeira(C) que alcançaram pH acima de 12 no dia 1 do experimento.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018



4 Considerações Finais

No lodo da ETE Cachoeira foi observado que o maior teor de ST (72%) demandou menores dosagens de cal para elevação e manutenção do pH acima de 12, em consonância com a literatura.

A variável Ca poderia ser utilizada como um dos indicadores de controle operacional do processo de higienização EAP, indicando que houve aplicação de cal em dosagem adequada, para lodos que permaneceram por um períodos superior a 30 dias, após o processo de mistura da cal, sendo que o presente estudo demonstrou que uma quantidade acima de 10% de Ca indica que o lodo recebeu quantidade suficiente de cal para elevação do pH acima de 12.

No entanto, é importante ressaltar que foi utilizada cal virgem no presente estudo e que seria recomendado novos experimentos para avaliar o uso da cal hidratada, agente alcalinizante também utilizado no processo EAP.

Destaca-se também, que outras variáveis e procedimentos devem fazer parte dos controles operacionais do processo EAP, como por exemplo: a planilha de controle de mistura da cal, contendo a origem do lodo, o teor de ST do lodo, as características da cal, a quantidade de cal aplicada, a data da mistura da cal e a data de amostragem para análise laboratorial do lodo higienizado.

Referências

BITTENCOURT, S. Characterization of sewage sludge sanitized: a case study of the Paraná State, Brazil, from 2014 to 2015. IN: 14TH IWA LEADING EDGE CONFERENCE ON WATER AND WASTEWATER TECHNOLOGIES. Florianópolis: IWA, 2017.

BITTENCOURT, S.; SERRAT, B. M.; AISSE, M. M. Agronomics and inorganics parameters of sludge, sanitized by alkaline stabilization, generated in systems containing anaerobic



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

treatment processes of sewage: a case study of the State of Paraná, Brazil. **Scientia Agraria** (UFPR. Impresso), v. 17, p. 1-13, 2016.

BITTENCOURT, S.; SERRAT, B. M.; AISSE, M. M. Parâmetros agronômicos e inorgânicos de lodo de esgoto: estudo de caso da Região Metropolitana de Curitiba (PR) **Revista DAE**, V. 65, edição 207, setembro a dezembro, 2017, p. 50 -61.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA no 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. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em: nov. 2010.

LARA, I L. Antecedentes. In: ANDREOLI, V. C.; LARA, A., FERNANDES, F (org). **Reciclagem de biossólidos: transformando problemas em soluções**. Curitiba, Sanepar, Finep, 2001. pp. 156-179.

METCALF, Leonard & EDDY, Harrison P.. **Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery**, 5th Edition, 2013, McGraw Hill Education.

NBR 10007 - Amostragem de Resíduos Sólidos. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 25p. ABNT (2004).

PARANÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Resolução SEMA 021/09. 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. 7962, 2009. p. 13-16.

PEGORINI, E. S., HOPPEN, C., TAMANINI, C. R., ANDRADE, F. L., TORREZAN, H. T. Aperfeiçoamento do processo de higienização através da caleação: II Potencial de Alcalinização Prolongada. IN: **SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, 8, 2006, Fortaleza. Anais. Fortaleza: ABES. CD-Rom, 2006b.

PEGORINI, E. S., TAMANINI, C. R., HOPPEN, C., LEITE, B. Z., WEIGERT, G. Aperfeiçoamento do processo de higienização através da caleação: I Potencial de pausterização. IN: **SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, 8, 2006, Fortaleza. Anais. Fortaleza: ABES. CD-Rom, 2006a

PINTO, M. Higienização de lodos. In: ANDREOLI, C.V.; VON SPERLING M.; FERNANDES F. (ed.). **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: UFMG - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Sanepar. 2001. pp. 261-297.

SOCCOL, V. T.; PAULINO, R. C.; PEREIRA, J. T.; CASTRO, A C.; COSTA, A O; HENNING, L.; ANDREOLI, C. A . Organismos Patogênicos presentes em lodo de esgoto a ser aplicado no solo e a Resolução n. 375 do Conama. In: COSCIONE, A R.; NOGUEIRA, T. A R.; PIRES, A M. M. (ed.). **Uso Agrícola de Lodo de Esgoto: avaliação após a Resolução n. 375 do Conama**. Botucatu: FEPAF. 2010. pp. 83-111.

THOMAZ-SOCCOL, V.; PAULINO, R.C.; CASTRO, E. A, TRACZ, J. Eficácia dos diferentes processos de tratamento do lodo na redução da viabilidade de ovos de helmintos. **Sanare**, Curitiba, v.8, n.8, p. 24 - 32, 1997.