

Estudo da alcalinidade na codigestão de água residuária de suinocultura e lixiviado de aterro sanitário

Alkalinity study in the co-digestion of swine wastewater and landfill leachate

Lucas Eduardo Ferreira da Silva
lucas.2013@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil

Ana Carolina Monteiro Landgraf
analandgraf@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil

Eudes José Arantes
eudesarantes@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil

RESUMO

O tratamento e disposição final de efluentes com alto poder poluidor são alguns dos grandes desafios enfrentados pelos setores produtivos nos últimos tempos, pois se forem realizados de forma incorreta, podem causar desequilíbrios ecológicos e diversos prejuízos ao meio ambiente. Tendo em vista essa problemática, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento da alcalinidade no processo de codigestão anaeróbia, a partir de diferentes misturas de água residuária de suinocultura (ARS) com lixiviado do aterro sanitário de Campo Mourão e da adição de fonte externa de alcalinidade. Para a realização do estudo, foram utilizados 12 frascos de vidro como reatores anaeróbios biológicos, onde foram acrescentadas as diferentes misturas de ARS com o lixiviado de aterro, que ficaram incubadas por 42 dias (duração do ensaio). Foram realizadas análises físico-químicas tanto para a caracterização do inóculo e dos substratos utilizados na codigestão, quanto para a verificação da eficiência do tratamento e do comportamento da alcalinidade no processo. Foi possível observar que as diferentes misturas de ARS com lixiviado não prejudicaram o equilíbrio do sistema anaeróbio, já que os valores de alcalinidade, ácidos voláteis e pH se mantiveram dentro das faixas ótimas para o bom desenvolvimento da digestão anaeróbia. Além disso, foram verificadas boas eficiências de remoção de matéria orgânica e sólidos após o tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento anaeróbio. Análises físico-químicas. Reatores biológicos.

ABSTRACT

The treatment and final disposal of highly polluting effluents are some of the great challenges faced by the productive sectors in recent times, because if they are carried out incorrectly, they can cause ecological imbalances and several damages to the environment. Considering this problem, the objective of this work was to evaluate the behavior of alkalinity in the anaerobic co-digestion process, from different mixtures of swine wastewater with leachate from the Campo Mourão landfill and from the addition of an external source of alkalinity. For the study, 12 glass bottles were used as biological anaerobic reactors, where the different mixtures of swine wastewater with the landfill leachate were added, which were incubated for 42 days (duration of the test). Physical and chemical analyzes were performed both for the characterization of the inoculum and the substrates used in the co-digestion, as well as for the verification of the efficiency of the treatment and the alkalinity behavior in the process. It was observed that the different mixtures of ARS with leachate did not affect the equilibrium of the anaerobic system, since the values of alkalinity, volatile acids and pH remained within the optimum ranges for the proper development of the anaerobic digestion. In addition, good efficiencies of removal of organic matter and solids after treatment were verified.

KEYWORDS: Anaerobic treatment. Physicochemical analysis. Biological reactors.

Recebido: 31 ago. 2018.

Aprovado: 04 out. 2018.

Direito autorial:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

A suinocultura apresenta-se como um dos ramos de maior relevância no cenário agropecuário brasileiro, sendo que o país é responsável pela quarta maior produção e exportação de carne suína do mundo (ITO; GUIMARÃES; AMARAL, 2016). Apesar desta importância econômica, a atividade suinícola causa diversos impactos ambientais, que vão desde o elevado consumo de água para a criação dos suínos até o despejo de grandes quantidades de dejetos em corpos hídricos, que podem causar desequilíbrios ecológicos, devido ao seu alto poder poluente (RANZI; ANDRADE, 2004; ASSIS, 2004). Outro efluente que possui grande potencial de causar impactos nocivos ao meio ambiente é o lixiviado de aterro sanitário, que se configura como um resíduo líquido escuro, mau cheiroso e altamente poluidor, proveniente da decomposição de substâncias contidas nos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) (CAVALCANTE, 2014; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992). Dentre os principais danos que o lixiviado pode ocasionar, pode-se citar como os mais graves, a contaminação do solo e de águas superficiais e subterrâneas (CAVALCANTE, 2014).

Uma das alternativas de tratamento que vem sendo utilizada para esses efluentes, é a digestão anaeróbia, pois possibilita que a fração orgânica biodegradável dos resíduos seja tratada, havendo a geração de um produto final estabilizado, além da produção de biogás. No entanto, esse tipo de tratamento com somente um substrato (resíduo) pode apresentar certas desvantagens, que estão relacionadas à falta de nutrientes presentes em alguns substratos (SILVA, 2017).

Com isso, para superar as desvantagens apresentadas pelo processo de monodigestão (substrato único), vem sendo empregada a codigestão anaeróbia, que consiste no consórcio de dois ou mais substratos, permitindo o alcance de uma maior eficiência no processo de tratamento. Contudo, mesmo a codigestão sendo uma alternativa promissora, esta pode apresentar algumas instabilidades, que podem ser ocasionadas pela composição de substratos impróprios e por condições de operação inadequadas (SILVA, 2017; MATA-ALVAREZ et al., 2014; CASTRO, 2018). Dentre as condições que influenciam o desempenho da digestão anaeróbia, vale destacar a importância da alcalinidade no processo, pois é o que mantém o sistema em equilíbrio, evitando variações no pH e permitindo que as bactérias metanogênicas trabalhem dentro da sua faixa de pH ótimo, que se encontra entre 6,8 e 7,2, sendo que fora disso a digestão anaeróbia pode ser prejudicada (CASTRO e SILVA, 2014; SOUZA, 1984).

Tendo em vista o que foi disposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento da alcalinidade no processo de codigestão anaeróbia a partir de diferentes misturas de água residuária de suinocultura (ARS) com lixiviado do aterro sanitário de Campo Mourão e da adição de fonte externa de alcalinidade.

MÉTODOS

APARATO EXPERIMENTAL

Para a realização do processo de codigestão anaeróbia foram utilizados 12 frascos de vidro de 500 ml, que funcionaram como reatores biológicos anaeróbios,



onde foram acrescentadas o lodo e as diferentes misturas de substratos e também a solução de nutrientes, que permitiu a adição de fonte de alcalinidade e proporcionou os nutrientes essenciais ao desenvolvimento dos microrganismos envolvidos na codigestão, facilitando a sua adaptação no processo. A solução de nutrientes foi preparada conforme metodologia adaptada de Chernicharo (1997) e Alves et al. (2005). Todos os frascos ficaram em banho maria, a uma temperatura de 32,5 °C, sem agitação e com saída para o biogás em sua parte superior.

COLETA E CARACTERIZAÇÃO DO LODO, DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA (ARS) E DO LIXIVIADO

Primeiramente, antes de dar início ao tratamento anaeróbio, houve a coleta e caracterização do inóculo (lodo) e de cada um dos substratos utilizados no trabalho (ARS e lixiviado), sendo que o lodo foi coletado na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do município de Campo Mourão (PR), a ARS, em uma granja localizada no município de Mamborê (PR) e o lixiviado no aterro sanitário do município de Campo Mourão (PR). A ARS foi coletada na tubulação de saída dos dejetos líquidos do local onde ficam confinados os suínos, sem qualquer tipo de tratamento, o lodo em uma lagoa de armazenamento da ETE e o lixiviado na entrada da primeira lagoa anaeróbia do sistema de tratamento do aterro. Para a caracterização das amostras, foram realizadas análises físico-químicas em triplicata, seguindo as metodologias dispostas por Eaton et al. (2005) para as análises de pH, sólidos voláteis totais – SVT e sólidos suspensos totais – SST. Já para os parâmetros alcalinidade a bicarbonato e ácidos voláteis, foram utilizados os métodos descritos por Ripley, Boyle e Converse (1986) e Dilallo e Albertson (1961), respectivamente.

TRATAMENTO BIOLÓGICO ANAERÓBIO

A codigestão da ARS com o lixiviado de aterro sanitário foi realizada em batelada, em um ensaio de 42 dias, com 4 diferentes concentrações de lixiviado em triplicata (0% (reatores 1, 2 e 3), 3% (reatores 4, 5 e 6), 6% (reatores 7, 8 e 9) e 9% (reatores 10, 11 e 12)), totalizando os 12 frascos de vidro que foram utilizados como reatores. Os volumes de lodo e de solução de nutrientes foram de 59,7 e 200,0 ml, respectivamente, em todos os frascos. Já o volume das misturas de lixiviado com ARS variou entre cada triplicata, sendo que para os frascos com 100% de ARS, o volume foi de 119,6 ml, para 97% de ARS + 3% de lixiviado, foi de 122,2 ml, para 94% de ARS + 6% de lixiviado, foi de 124,9 ml e para a relação de 91% de ARS + 9% de lixiviado, foi de 127,7 ml. Cada frasco foi completado com água destilada até o volume de 400 ml. Após o término do ensaio, para verificar o comportamento da alcalinidade com as diferentes concentrações de lixiviado, realizaram-se novamente as análises físico-químicas da caracterização.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO DO LODO, DA ARS E DO LIXIVIADO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da caracterização do inóculo e dos substratos empregados no estudo da codigestão anaeróbia.

Tabela 1 – Caracterização do lodo, da ARS e do lixiviado de aterro sanitário

Parâmetro	Lodo	ARS	Lixiviado
pH	7,00	7,00	8,89
Sólidos voláteis totais (mg L ⁻¹)	17516,00	7436,00	452,00
Sólidos suspensos totais (mg L ⁻¹)	20133,30	6160,00	1997,3
Alcalinidade a bicarbonato (mgCaCO ₃ L ⁻¹)	760,00	4170,00	3336,67
Ácidos voláteis (mgHAc L ⁻¹)	37,60	2076,00	137,20

Fonte: Autoria própria (2018).

Para que o tratamento anaeróbio ocorra de forma adequada, é desejável que o pH esteja entre 6,7 e 8,0, pois nesse intervalo os ácidos orgânicos estão em grande parte (>99%) na sua forma ionizada (não tóxica) (PEREIRA; CAMPOS; MOTERANI, 2009). Pode-se notar na Tabela 1, que os valores de pH obtidos para o lodo e a ARS estão dentro da faixa desejada para o bom desenvolvimento do sistema anaeróbio, entretanto, o lixiviado apresentou-se um pouco acima. Para Pereira, Campos e Moterani (2009), as variações máximas e mínimas no pH para a grande maioria das bactérias envolvidas no processo, está entre 4 e 9, fazendo com que o valor do lixiviado, possivelmente, não afete na codigestão.

Outros fatores importantes para adequada digestão anaeróbia são a alcalinidade e os ácidos voláteis. Os ácidos voláteis estão diretamente relacionados com o pH, e o seu equilíbrio no sistema indica o bom funcionamento de reatores anaeróbios. Segundo Amani, Nosrati e Sreekrishnan (2010), a faixa ótima de ácidos voláteis encontra-se entre 50 e 500 mgHAc L⁻¹, então, de acordo com a caracterização, verifica-se que os valores apresentados pelo lodo e pela ARS estão fora desse intervalo e que somente do lixiviado está dentro.

Com relação a alcalinidade, para evitar uma queda brusca de pH no processo anaeróbio, é necessário um valor de alcalinidade elevada, que esteja entre 1000 e 3000 mgCaCO₃ L⁻¹ (AMANI; NOSRATI; SREEKRISHNAN, 2010). Sendo assim, pode-se observar na Tabela 1, que nenhuma das amostras está dentro dessa faixa. Porém, segundo Grady e Lim (1995) apud Pereira, Campos e Moterani (2009), a alcalinidade deve estar entre 2500 e 5000 mgCaCO₃.L⁻¹ para que se obtenha um adequado poder tampão no sistema, fazendo com que os valores da ARS e do lixiviado estejam dentro da faixa adequada para esses autores.

Comparando a quantidade de SVT da ARS analisada com estudos realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1998), que apresentou uma média de SVT de 16388,8, foi possível verificar que os valores obtidos para a ARS estão bem abaixo do que foi obtido por estes autores, porém, isso pode ser justificado pela dificuldade de comparação entre as diferentes amostras de ARS de um trabalho para outro, já que diversos fatores podem influenciar nas características deste efluente. Já com relação aos SVT do lixiviado, observou-se também baixos valores para este parâmetro quando comparados com os resultados apresentados por Moravia (2010), que obteve valores de 3227,00 e 4528,00 mg L⁻¹ para o lixiviado de um aterro com nove anos de operação. Isso pode explicar a maior concentração de SVT para as amostras de Moravia (2010) do que para as analisadas neste estudo, já que como o aterro municipal de Campo Mourão está em operação a mais tempo (17 anos), pode indicar que ele esteja em uma fase de degradação anaeróbia mais avançada, o que acaba por influenciar nas concentrações de SVT obtidas.



PH, ALCALINIDADE E ÁCIDOS VOLÁTEIS DO EFLUENTE FINAL

A partir das análises realizadas após os 42 dias de tratamento, foi possível observar que o pH de todos os reatores, exceto do reator 2, que ficou um pouco acima do limite estabelecido (8,02), encontram-se dentro da faixa recomendada por Pereira, Campos e Moterani (2009) (entre 6,7 e 8,0) para o bom desenvolvimento da digestão anaeróbia.

Foi possível verificar também que, independentemente das concentrações de lixiviado nas misturas, os parâmetros alcalinidade total e ácidos voláteis não apresentaram grandes variações entre si, sendo que os valores de alcalinidade total ficaram entre 1600 e 2130 mg L⁻¹ e os de ácidos voláteis, entre 156 e 288 mg L⁻¹. Vale ressaltar ainda que todos os valores de ambos os parâmetros estão dentro das faixas ótimas estabelecidas por Amani, Nosrati e Sreekrishnan (2010) (alcalinidade: 1000 a 3000 mgCaCO₃ L⁻¹; ácidos voláteis: 50 a 500 mgHAc L⁻¹), o que permite o adequado equilíbrio do sistema e consequente sucesso do tratamento por codigestão anaeróbia.

EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA E SÓLIDOS APÓS O TRATAMENTO

Levando em consideração a eficiência do tratamento, observou-se uma remoção de sólidos e matéria orgânica acima de 70%, com exceção apenas dos reatores 10, 11 e 12, que apresentaram eficiência de remoção de sólidos de cerca de 61%. Os reatores com 3% e 6% de lixiviado foram os que obtiveram uma maior média de remoção de matéria orgânica e os que continham 0% e 3% apresentaram melhores resultados quanto a remoção de sólidos. Esses resultados demonstram o bom funcionamento do processo de digestão anaeróbia, indicando que a capacidade de tamponamento do sistema foi suficiente para garantir a manutenção de uma faixa ótima de pH para as bactérias anaeróbias. Isso é confirmado pelo fato de que a relação entre a alcalinidade intermediária e a alcalinidade parcial (AI/AP) do efluente encontra-se abaixo de 0,3, indicando que não ocorrem distúrbios nesse processo (RIPLEY; BOYLE; CONVERSE, 1986).

CONCLUSÕES

Com base no que foi apresentado neste trabalho, verificou-se que as diferentes misturas de ARS com lixiviado de aterro não prejudicaram o equilíbrio do sistema anaeróbio, já que os valores de alcalinidade em todos os reatores ficaram muito próximos entre si e dentro da faixa ótima para o tratamento eficiente por codigestão anaeróbia. Isso ficou evidenciado também pelos resultados de pH e ácidos voláteis após os 42 dias de tratamento. Outro aspecto que demonstrou o adequado funcionamento do processo foi a relação AI/AP, que indicou a não ocorrência de distúrbios no sistema.

Já com relação as eficiências de remoção de sólidos e matéria orgânica, pode-se observar também bons valores, pois a maioria das eficiências foram acima de 70%, o que pode ser reflexo do bom desempenho da codigestão anaeróbia e da capacidade de equilíbrio do sistema.

REFERÊNCIAS

ALVES, R. C. C. de M; BELLI FILHO, P; PHILIPPI, L. S; HENN, A; MONTEIRO, L. W. da S. Digestores anaeróbios para tratamento de dejetos suínos - Avaliação de partida para diferentes configurações de reatores. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23m 2005, Campo Grande. **Anais eletrônicos...** Campo Grande: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/II-037.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2018.

AMANI, T.; NOSRATI, M.; SREEKRISHNAN, T. R. Anaerobic digestion from the viewpoint of microbiological, chemical, and operational aspects - a review. **Environmental Reviews**, n. 18, p. 255-278, 2010

ASSIS, F. O. Bacia hidrográfica do rio Quilombo: dejetos de suínos e impactos ambientais. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 8, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 8419: Versão Corrigida:1996: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos – Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

CASTRO, T. M. de. **Codigestão anaeróbia de lixiviado de aterro industrial e glicerina**. 2018. 101 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2018. Disponível em: <<http://tede.unioeste.br/bitstream/tede/3718/5/Thiago%20Morais%20de%20Castro.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2018.

CASTRO E SILVA, P. de. **Desempenho de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente como unidade de tratamento para efluente de suinocultura**. 2014. 102 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias e Inovações Ambientais) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4492/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Desempenho%20de%20um%20filtro%20anaer%C3%B3bio%20de%20fluxo%20ascendente%20como%20unidade%20de%20tratamento%20para.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2018.

CHERNICHARO, C., A. de. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Reatores anaeróbios**. 1. ed. Belo Horizonte: UFMG, 1997, v. 3, 245 p.

CAVALCANTE, S. de S. S. **Geração de lixiviados de aterros sanitários na Região Metropolitana de São Paulo: histórico e perspectivas**. 2014. 170 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-20102014-093650/pt-br.php>>. Acesso em: 17 ago. 2018.



DILALLO, R; ALBERTSON, O. E. Volatile acids by direct titration. **J. Water Pollut. Control Fed.**, v. 33, p. 356–365, 1961.

EATON, A. D; CLESCERI, L. S; RICE, E. W; GREENBERG, A. B. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington: American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, 2005. 1368 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Suínos: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2 ed. Brasília, 1998.

GRADY, C. P. L.; Jr. LIM, H. C. **Biological Waste Treatment**. New York, v. 29, n. 29, n. 6, p. 1437-43, 1995

ITO, M.; GUIMARÃES, D. D.; AMARAL, G. F. Impactos ambientais da suinocultura: desafios e oportunidades. 2016. Disponível em:
<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9974/2/BS%2044%20Impactos%20ambientais%20da%20suinocultura_P.pdf>. Acesso: 17 ago. 2018.

MATA-ALVAREZ, J.; DOSTA, J.; ROMERO-GÜIZA, M. S.; FONOLL, X.; PECES, M.; ASTALS, S. A critical review on anaerobic co-digestion achievements between 2010 and 2013. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 36; p. 412-427, 2014.

MORAVIA, W.G. **Avaliação do tratamento de lixiviado de aterro sanitário através de processo oxidativo avançado conjugado com sistemas de separação por membranas**. 237 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

PEREIRA, E. L.; CAMPOS, C. M. M.; MOTERANI, F. Efeitos do pH, acidez e alcalinidade na microbiota de um reator anaeróbico de manta de lodo (UASB) tratando efluentes de suinocultura. **Ambi-água**. Taubaté, p. 157-168. out. 2009.

RANZI, T. J. D.; ANDRADE, M. A. N. Estudo de viabilidade de transformação de esterqueiras e bioesterqueiras para dejetos de suínos em biodigestores rurais visando o aproveitamento do biofertilizante e do biogás. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5., 2004, Campinas, **Anais...** Campinas, 2004.

RIPLEY, L. E; BOYLE, W. C; CONVERSE, J. C. Improved alkalimetric monitoring for anaerobic digestion of high-strength wastes. **Journal of water pollution control federation**, v. 58, n. 5, p. 406-411. 1986.



SILVA, C. Z. **Codigestão anaeróbia de lixiviado de aterro sanitário e glicerol**. 2017. 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/bitstream/tede/3065/2/Camila_Silva2017.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2018.

SOUZA, M. E. de. Fatores que influenciam a digestão anaeróbia. **Revista DAE**, v. 44, n. 137, p. 88-94, 1984.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela bolsa concedida para o desenvolvimento desta pesquisa.