



Utilização de reator anaeróbio de dois estágios para produção de hidrogênio a partir de dejetos suíños

Viviane Trevisan¹, Luiz Olinto Monteggia²

¹Instituto de Pesquisas Hidráulicas/ UFRGS (viviane.trevisan@ufrgs.br)

²Instituto de Pesquisas Hidráulicas/ UFRGS (montegia@iph.ufrgs.br)

Resumo

A criação de suínos no Brasil passou por alterações tecnológicas na última década, visando principalmente o aumento de produtividade e redução dos custos de produção. A produtividade aumentou consideravelmente, passando a produzir grandes quantidades de dejetos em pequenas extensões de terra. O dejetos suíno é classificado como resíduo de grande potencial poluidor, por possuir alta concentração de matéria orgânica, podendo ser utilizado como matéria prima para a produção de biogás. O hidrogênio contido no biogás produzido a partir desses dejetos pode ser utilizado como fonte de energia. Neste trabalho foram analisados os efeitos do pH e da temperatura da fase acidogênica na remoção de matéria orgânica e na otimização da produção de hidrogênio a partir do efluente gerado na criação de suínos, utilizando reatores anaeróbios em dois estágios, um reator acidogênico e outro metanogênico. Essa configuração dos reatores além de ideal para o tratamento de resíduos com elevada concentração de matéria orgânica permite maior controle sobre as reações de produção de hidrogênio. No reator acidogênico foram testados os pHs de 5,0 e 6,0 e as temperaturas: ambiente, 35°C e 55°C. A maior remoção de matéria orgânica foi de 55%, para o pH igual a 5,0 e temperatura de 35°C; nessas mesmas condições foi observada a maior concentração de hidrogênio obtida no biogás: 21,3 %.

Palavras-chave: hidrogênio, dejetos suíno, reatores de dois estágios.

Área Temática: Energia.

Abstract

Swine creation in Brazil passed for technological changes in last decade, aiming high productivity and reducing production costs. The increase of productivity produced large quantities of waste in small areas. The swine manure is classified as a waste of great polluter potential, because they have high concentration of organic matter and can be used as raw material for biogas production. The hydrogen contained in biogas from swine wastes can be used as an energy source. This work analyze the pH and temperature effects of the acidogenic phase on the organic matter removal and in the hydrogen production from the swine effluent using two stages anaerobic reactors, an acidogenic and a methanogenic. This configuration is ideal for the treatment of waste with high organic matter concentration, allows greater control over the reactions of hydrogen production. In the acidogenic reactor were tested pHs of 5.0 and 6.0 and temperatures: environmental, 35° C and 55 ° C. The higher organic matter removal was 55% for pH 5.0 and temperature of 35 ° C, in the same conditions was observed the higher hydrogen concentration in the biogas: 21.3%.

Key words: hydrogen, swine manure, two stages reactors

Theme Area: Energy



1 Introdução

A suinocultura é enquadrada como atividade de grande potencial poluidor, uma vez que um suíno produz um volume de dejetos equivalente a 3,5 pessoas, os quais na maioria dos casos tem como destino a simples disposição no solo, resultando no excesso de matéria orgânica, sólidos, nutrientes, metais pesados e patógenos. A lixiviação e/ou percolação destes resíduos resulta na elevada poluição do solo e dos corpos d'água (LENEMAN *et. al.* 1993; SEVRIN-REYSSAC, 1998).

O lançamento indiscriminado de dejetos não tratados em rios e lagos torna-se um risco para a sustentabilidade e expansão da suinocultura como atividade econômica, pois causa doenças como verminoses, alergias, hepatites, câncer de estômago e esôfago. Além disso, trazem desconforto à população devido a proliferação de moscas, borrhachudos, mau cheiro e, ainda, a degradação do meio ambiente com a morte de peixes e animais, toxicidade em plantas e eutrofização dos recursos de água.

A suinocultura no Brasil passou por profundas alterações tecnológicas nas últimas décadas, visando principalmente o aumento de produtividade e redução dos custos de produção. A produtividade, por animal e por área, aumentou consideravelmente, passando-se a produzir grandes quantidades de dejetos em pequenas extensões de terra. Simultaneamente, iniciaram-se os problemas com o mau cheiro, oriundo das criações, e com o destino dos efluentes (PERDOMO, *et. al.*, 2007).

A poluição provocada pelo manejo inadequado dos dejetos suínos cresce em importância a cada dia, quer seja por uma maior consciência ambiental dos produtores, quer seja pelo aumento das exigências dos órgãos fiscalizadores e da sociedade em geral. Essa combinação de fatores tem provocado grande demanda junto aos técnicos no sentido de viabilizar soluções tecnológicas adequadas ao manejo e disposição dos dejetos de suínos, que sejam, ao mesmo tempo, compatíveis com as condições econômicas dos produtores, que atendam as exigências legais e que possam ser de fácil operacionalização. Soluções essas que nem sempre se revelam de fácil execução, seja por problemas decorrentes de inadequação das instalações, tendo visto que recentemente a questão dos dejetos passou a ser efetivamente considerada na concepção das edificações suinícolas, seja devido às dificuldades financeiras do suinocultor, ou mesmo, pelo desconhecimento dos técnicos acerca das opções tecnológicas mais adequadas para cada caso.

A digestão anaeróbia é um processo utilizado para o tratamento dos dejetos suínos e, cujo produto, o biogás, pode ser utilizado como fonte de energia, além de preservar as reservas energéticas disponíveis, reduz os impactos ambientais gerados pela disposição inadequada dos resíduos, contribuindo para a melhoria do padrão sanitário em áreas rurais.

Dentre os compostos presentes no biogás está o hidrogênio, o qual produz água durante sua queima e, portanto, é considerado um combustível limpo, não poluente e inofensivo para as pessoas e para o meio ambiente quando comparado a outros combustíveis (LEVIN *et al.*, 2004).

O hidrogênio produz mais energia por unidade de peso do que qualquer outro combustível, cerca de três vezes mais que a gasolina e cerca de sete vezes mais que o carvão (BUSBY, 2005).

Um dos processos de produção de hidrogênio utiliza a digestão anaeróbia realizada em dois reatores separados, um para a fase acidogênica, onde predomina a ação dos microrganismos hidrolíticos e formadores de ácidos, e outro para a fase metanogênica, onde ocorre a ação dos microrganismos acetogênicos e metanogênicos.

Os reatores anaeróbios de dois estágios foram desenvolvidos nos anos 50 para o tratamento de despejos industriais concentrados. A dificuldade prática do processo de dois estágios é a separação e concentração dos sólidos do efluente, uma vez que a presença de partículas produtoras de gás tende a fazer com que os flocos de biomassa flutuem, ao invés de



2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

sedimentarem.

Esse processo é ideal para a degradação de substratos complexos como a celulose, a lignina e os resíduos animais, além disso, apresenta vantagens como: tempo de processo reduzido; maior desempenho, quando comparado com a digestão realizada em um único reator e bom desempenho diante das flutuações de carga orgânica volumétrica (GOSH, 1991; GOSH, 1996; AZBAR & SPEECE, 2001; HAN *et. al.*, 2002; CASSINI, 2003).

Estudos mostraram que a utilização do processo em dois estágios produz biogás com maior concentração de hidrogênio, quando comparado com o biogás produzido em um único reator anaeróbio devido ao maior controle sobre as reações envolvidas no processo (WEILAND, 1993; BENEMANN *et. al.*, 2004).

O objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos do pH e da temperatura da fase acidogênica na remoção de matéria orgânica e na concentração de hidrogênio do biogás produzido a partir de efluentes líquidos gerados na criação e manejo de suínos, utilizando o processo de dois estágios.

2 Materiais e métodos

O efluente utilizado consistiu na água da lavagem de pocilgas, armazenado sob condições de refrigeração na temperatura de 4°C. O efluente inserido no reator acidogênico era composto por 80 % de efluente suíno e 20 % de água.

O sistema foi constituído por um reator anaeróbio acidogênico com volume útil de 19 litros, o qual foi operado nas temperaturas: ambiente (de 15 °C a 25 °C), 35 °C e 55 °C e com tempo de detenção hidráulica de 24 horas, seguido por um reator anaeróbio metanogênico com volume útil de 38 litros, operado na temperatura de 35°C e com tempo de detenção hidráulica de 48 horas. Além da temperatura, foi estudado também o efeito do pH na etapa acidogênica mediante o ajuste inicial do pH nos valores de 5,0 e 6,0 através da adição de hidróxido de sódio (1 mol.L⁻¹) ou ácido clorídrico (1 mol.L⁻¹).

A remoção de matéria orgânica foi determinada utilizando o teste de demanda química de oxigênio (DQO), conforme metodologia descrita por APHA; AWWA; WPCF (2005).

Os teores de metano e hidrogênio foram analisados por cromatografia a gás conforme descritos por Morimoto *et al.* (2004).

3 Resultados e discussão

Na Tabela 1 estão mostrados os percentuais de remoção de DQO em cada estágio do processo e a remoção global.

Tabela 1 – Percentuais de DQO removidos em cada estágio e remoção global.

pH	Temperatura (°C) ¹	Remoção no reator acidogênico (%)	Remoção no reator metanogênico (%)	Remoção global (%)
5,0	Ambiente	28,8	20,5	43,4
	35	25,7	40,1	55,6
	55	13,7	41,2	49,2
6,0	Ambiente	16,1	39,2	49,0
	35	23,7	27,6	44,8
	55	21,7	29,7	44,9

¹Temperatura de operação do reator acidogênico e do efluente de entrada no reator metanogênico.

A maior remoção global de DQO foi obtida quando o pH e a temperatura do reator



2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

acidogênico foram mantidos em 5,0 e 35°C, respectivamente.

No comparativo realizado entre os pHs testados, a maior remoção de DQO na etapa acidogênica ocorreu para o efluente que teve o pH ajustado para 5,0 e o reator foi mantido a temperatura ambiente. Com base nesses resultados, verificou-se que as temperaturas testadas influenciaram a remoção de DQO para um mesmo valor de pH.

Observou-se baixa remoção de matéria orgânica no reator acidogênico, uma vez que nele ocorreram as reações de hidrólise dos compostos mais complexos. A matéria orgânica removida nessa etapa foi utilizada no crescimento do consórcio microbiano presente no reator e na produção de metano.

Na Figura 1 estão mostradas a concentrações de hidrogênio do biogás produzido no reator acidogênico nas temperaturas e pH estudos.

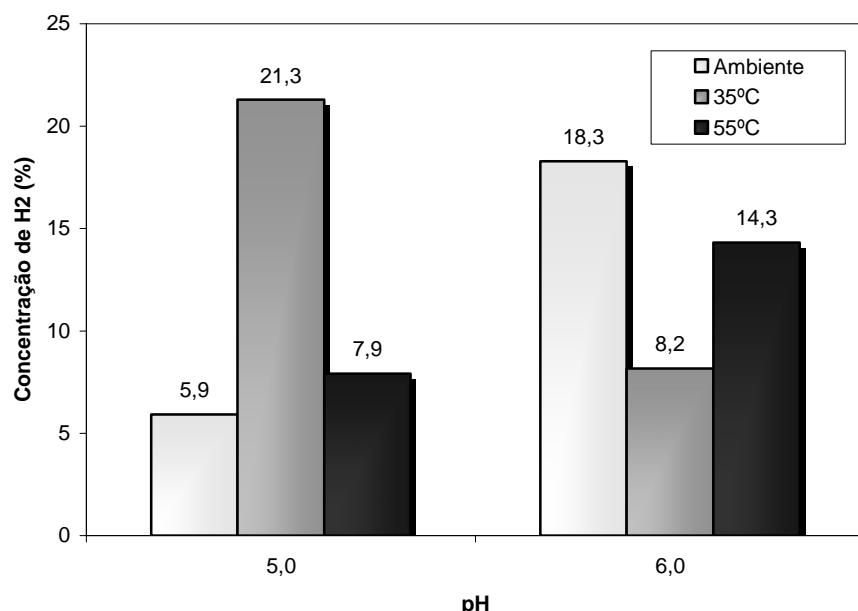


Figura 1 - Concentração de hidrogênio formado no reator acidogênico nos pHs e temperaturas estudados.

A concentração de hidrogênio no reator acidogênico foi mais alta no pH 5,0 e na temperatura de 35°C, sendo possível verificar que nessa condição há a predominância da fermentação ácida. Devido a diversidade microbiana, mesmo com o pH do efluente num valor ácido, uma parte do hidrogênio formado no reator foi transformado em metano, conforme está mostrado na Figura 2.



2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

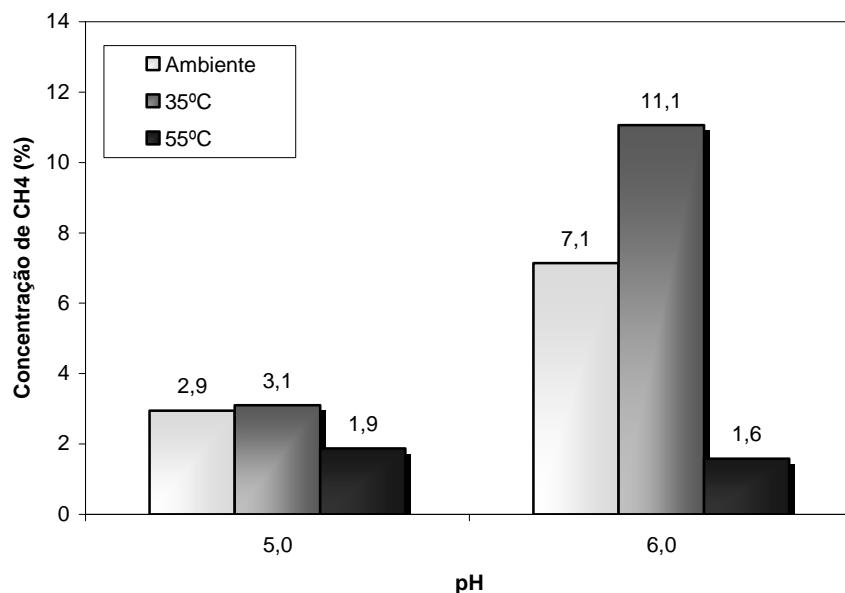


Figura 2 - Concentração de metano obtida no reator acidogênico nos pHs e nas temperaturas estudadas.

A concentração de metano no reator acidogênico foi maior quando as condições operacionais aproximaram-se das condições ideais para a metanogênese, ou seja, temperatura de 35 °C e pH igual a 6,0. Porém, quando a temperatura do reator foi mantida em 55°C verificou-se a diminuição da concentração de metano no biogás, indicando a inibição da atividade dos microrganismos metanogênicos. Esse processo foi observado mais claramente quando o pH do efluente foi ajustado para 6,0.

Na Figura 3 estão mostradas as concentrações de metano no biogás produzido no reator metanogênico.

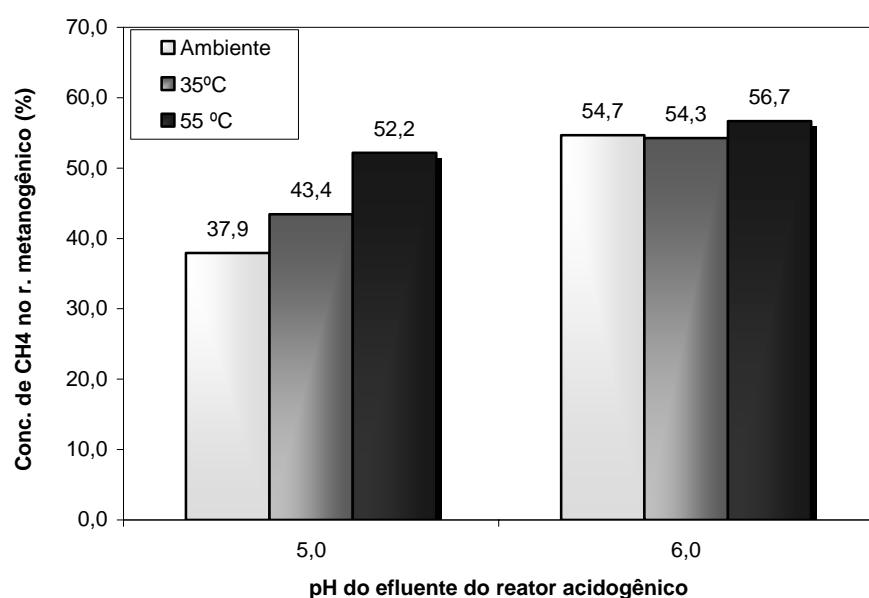


Figura 3 - Concentração de metano formado no reator metanogênico nos pHs e temperaturas de entrada do efluente.



2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

Quando o pH do efluente do reator acidogênico foi ajustado para 6,0, a concentração de metano no biogás do reator metanogênico foi maior e manteve-se em torno de 55 %, independente da temperatura de entrada do efluente, pois o pH médio do efluente na entrada do reator foi de 6,2 não sendo necessário um período para estabilizá-lo.

Para determinar a condição ideal para a produção de hidrogênio foram avaliadas as percentagens de remoção de matéria orgânica e a concentração de hidrogênio no biogás produzido, sendo os melhores resultados obtidos quando o efluente foi inserido no reator acidogênico com pH ajustado para 5,0 e a temperatura do reator foi mantida em 35 °C.

4 Conclusões

O pH exerceu maior influência que a temperatura no aumento da concentração de hidrogênio no biogás formado, sendo a máxima concentração obtida quando o pH do efluente de entrada foi ajustado para 5,0.

A temperatura termofílica (55 °C) inibiu a ação dos microrganismos metanogênicos presentes no reator, sendo a maior concentração de hidrogênio no biogás obtida a 35 °C.

O sistema em dois estágios favoreceu a remoção de matéria orgânica num baixo tempo de detenção hidráulica, além de permitir um maior controle sobre a etapa acidogênica e otimizar a produção de hidrogênio.

5 Referências

APHA; AWWA; WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater.** 21 ed. Washington, 2005.

AZBAR, N.; SPEECE, R. E. Two phase, two stage, and a single stage anaerobic process comparison. **Journal of environmental engineering.** 127 (3), 240-248, 2001.

BENEMANN, J. R.; CANNIZZARO, C. M.; COONEY, M. Biological production of hydrogen-methane mixtures for clean electricity. In: Anaerobic Digestion 2004. Anaerobic bioconversion answer for sustentability. 10th World Congress, Montreal – Canada. 2, 654-658, 2004.

BUSBY, R. L. **Hydrogen and fuel cells – a comprehensive guide.** Oklahoma (EUA): PennWell, 2005. 445p.

CASSINI, S. T. **Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás.** Rio de Janeiro, ABES, Ed. RiMa, 2003.

GOSH, S. Pilot scale demonstration of two phase anaerobic digestion of activated sludge. **Water science and technology.** 23 (Kyoto), 1179-1188, 1991.

GOSH, S. Improved sludge gasification by two phase anaerobic digestion. **Journal of environmental engineering.** 116 (4), 786-791, 1996.

HAN, S. K.; SHIN, H. S.; SONG, Y. C.; LEE, C. Y.; KIM, S. H. Novel anaerobic process for the recovery of methane and compost from food waste. **Water science and technology.** 45 (10), 313-319, 1992.



2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

LENEMAN, H.; GIESEN, G.W.J.; BERENTSEN, P.B.M. Costs of reducing nitrogen and phosphorus emissions on pig farms in the Netherlands. **Journal of Environmental Management.** 39, 107-119, 1993.

LEVIN, D. B.; PITI, L.; LOVE, M. Biohydrogen production: prospects and limitations to practical application. **International Journal of Hydrogen Energy.** 29, 173 – 185, 2004.

MORIMOTO, M.; ATSUKO, M.; ATIF, A.A.Y.; NGAN, M.A.; FAKHRU'L-RAZI, A.; IYUKE, S.E.; BAKIR, A.M. Biological production of hydrogen from glucose by natural anaerobic microflora. **International Journal of Hydrogen Energy.** 29, 709 – 713, 2004.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M.; SCOLARI, T. M. G. Dejetos de suinocultura. Disponível on line:
http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=/agropecuario/index.html&conteudo=/agropecuario/dejetos_suinos.html. Acessado em 08 de agosto de 2007.

SEVRIN-REYSSAC, J. Biotreatment of swine manure by production of aquatic valuable Biomasses. **Agriculture, Ecosystems and Environment.** 68, 177–186, 1998.

WEILAND, P. One and two step anaerobic digestion of solid agroindustrial residues. **Water science and technology.** 27 (2), 145-151, 1993.