



## Atividade metanogênica específica (AME) de lodos industriais provenientes do tratamento biológico aeróbio e anaeróbio

doi: 10.4136/ambi-agua.1098

Danieli Schneiders<sup>1</sup>; Joel Dias da Silva<sup>1\*</sup>; Aline Till<sup>1</sup>;  
Katt Regina Lapa<sup>2</sup>; Adilson Pinheiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>FURB - Fundação Universidade Regional de Blumenau – Blumenau, SC, Brasil

<sup>2</sup>UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, SC, Brasil

\*Autor correspondente: e-mail: dias\_joel@hotmail.com,

danielischneiders@gmail.com, alinetill@hotmail.com,

katt.lapa@ufsc.br, pinheiro@furb.br

### RESUMO

Nesse estudo procederam-se testes de atividade metanogênica específica (AME) para lodo de indústria têxtil e lodo de indústria alimentícia. O lodo têxtil (aeróbio), proveniente de um sistema de lodos ativados, foi coletado na entrada do decantador biológico secundário e o lodo alimentício (anaeróbio) foi coletado em um reator UASB. Uma vez coletados, os lodos foram caracterizados e submetidos a ensaios de AME. Constatou-se que os microrganismos presentes no lodo alimentício apresentaram AME de 0,17 gDQO-CH<sub>4</sub> gSSV.d<sup>-1</sup> e produção de metano de 337,05 mL, enquanto que os microrganismos do lodo têxtil apresentaram 0,10 gDQO-CH<sub>4</sub> gSSV.d<sup>-1</sup> de AME e 3,04 mL de produção de metano. Deste modo, o lodo têxtil apresentou menor atividade metanogênica e produção de metano, quando comparado ao lodo alimentício, indicando não ser viável seu uso como inóculo para a partida de um reator UASB.

**Palavras-chave:** Lodo industrial, atividade metanogênica específica, metano.

### Specific methanogenic activity (SMA) of industrial sludge from the aerobic and anaerobic biological treatment

### ABSTRACT

In this study, specific methanogenic activity (SMA) tests were performed on textile sludge and food industry sludge. The textile sludge from an activated sludge was collected at the entrance of the secondary biologic clarifier and the food sludge was collected in a UASB reactor. Once collected, the sludges were characterized and tested for SMA. It was found that the microrganisms present in the food sludge had SMA of 0.17 gCOD-CH<sub>4</sub> gSSV.d<sup>-1</sup> and 337.05 mL of methane production, while the microrganisms of the textile sludge presented 0.10 gCOD-CH<sub>4</sub> gSSV.d<sup>-1</sup> of SMA and 3.04 mL of methane production. Therefore, the food sludge was more suitable to be used as a starting inoculum in UASB.

**Keywords:** Industrial sludge, specific methanogenic activity, methane.

## 1. INTRODUÇÃO

Durante as últimas décadas, os problemas ambientais e a escassez de energia despertaram interesse pelos processos biológicos de tratamento de efluentes, em especial aos processos anaeróbios. A digestão anaeróbia é um processo biológico natural que ocorre na ausência de oxigênio molecular, onde populações de microrganismos interagem para promover a depuração estável e autorregulada da matéria orgânica, que resulta em biogás. O biogás é, portanto, o produto final dessa digestão, sendo constituído na maior parte por metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

As relações entre os diversos grupos de microrganismos envolvidos neste processo são complexas e interdependentes (Florentino et al., 2010). Para obter a máxima eficiência na produção de metano, que é um gás combustível e pode ser convertido em energia elétrica, faz-se necessário o monitoramento dos microrganismos metanogênicos. A quantificação da biomassa anaeróbia capaz de tratar certos tipos de águas residuárias é obtida através do teste de Atividade Metanogênica Específica (AME) (Chernicharo, 1997). Neste teste mensura-se a taxa máxima de produção de metano em condições específicas, que avalia a capacidade de conversão de substrato orgânico a metano (Aquino et al., 2007; Souto et al., 2010). Geralmente, a produção de metano é indicativa do bom funcionamento do sistema em avaliação, como por exemplo, reatores anaeróbios do tipo UASB (Ahn et al., 2000).

Embora não haja um protocolo padronizado para a execução do teste de AME, sua importância já é reconhecida na literatura (Bueno, 2010; Souto et al., 2010). Além de ser utilizado para quantificar a atividade metanogênica específica de lodos anaeróbios, também tem sido utilizada em diversas aplicações, como: obtenção de informações sobre a digestão anaeróbia (Alves et al., 2005), avaliação de inóculos na partida de reatores (Enright et al., 2009; Oz et al., 2012), estimativa dos diferentes grupos fisiológicos presentes nos lodos (Dolfing e Bloemen, 1985; Song et al., 2006), avaliação do efeito inibitório de elementos tóxicos na digestão anaeróbia (Zhou e Qiu, 2006; Alvarez e Cervantes, 2012), avaliação da atividade da biomassa em reatores anaeróbios (Chellapandi et al., 2010), potencial de biodegradabilidade, tanto de lodos anaeróbios como aeróbios, ou ainda, combinados (aeróbio + anaeróbio) (Silva et al., 2005; Louzada et al., 2005), dentre outras.

Nesse estudo, portanto, efetuou-se a caracterização e testes de AME para dois lodos industriais, da indústria têxtil (aeróbio) e da indústria alimentícia (anaeróbio), com o intuito de investigar a viabilidade de partida de um reator anaeróbio de manta de lodo - UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), em escala laboratorial, usando como inóculo o lodo aeróbio.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio do teste de AME foi conduzido no Laboratório de Hidrologia, da Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB). Foram avaliados, como possíveis inóculos, dois tipos de lodos industriais, os quais foram coletados em indústrias na região onde a pesquisa foi conduzida. O primeiro foi coletado na entrada de um decantador secundário, proveniente de um sistema de lodos ativados para tratamento de efluentes de uma indústria têxtil (lodo aeróbio). Esta indústria fabrica produtos para cuidados da saúde, sem tinturaria em seu processo fabril. O segundo lodo foi coletado em um reator UASB de uma ETE de indústria alimentícia do ramo de especiarias e condimentos (lodo anaeróbio). Optou-se pelo lodo têxtil e pelo lodo alimentício pelo fato da disponibilidade e viabilidade de coleta dos mesmos.

Uma vez coletadas, as amostras de lodo foram conduzidas ao laboratório e armazenadas à temperatura de 5°C até os procedimentos de caracterização. Todas as amostras foram

caracterizadas através dos parâmetros de controle ambiental, tais como: pH, Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Voláteis (STV) Sólidos Totais Fixos (STF), Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Sólidos Suspensos Fixos (SSF), Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $DBO_{5,20^{\circ}C}$ ) e Demanda Química de Oxigênio (DQO). Além disso, o lodo têxtil e o lodo alimentício foram submetidos a ensaios de Atividade Metanogênica Específica (AME).

Os ST foram obtidos através da evaporação da amostra em banho-maria e, posterior secagem, em estufa De Leo MDH, a  $105^{\circ}C$ , durante 1 h. Com a subsequente calcinação da amostra em forno mufla Quimis 305, a  $550^{\circ}C$ , durante 30 min, foram obtidos os STF. Os STV foram obtidos por meio da diferença entre ST e STF, segundo o método gravimétrico (APHA et al., 2012).

Para a determinação dos SST foi realizada a secagem da fração sólida da amostra em estufa DeLeo MDH, previamente filtrada em membrana de fibra de vidro Macherey-Nagel, poro  $0,45\ \mu m$ , a  $105^{\circ}C$ , durante 1 h. Com a posterior calcinação da amostra em mufla Quimis 305, a  $550^{\circ}C$ , durante 15 a 20 min, foram obtidos os SSF. Os SSV foram obtidos através da diferença entre SST e SSF, segundo o método gravimétrico (APHA et al., 2012).

O método utilizado para determinar a DQO foi o de digestão em reator (nº 8000) da Hach. Para tanto, foi utilizado o kit para DQO 0-1500  $mg\ L^{-1}$ , com digestão prévia da amostra em reator Hach DRB 200 e posterior leitura em espectrofotômetro Hach DR 2800, cujo comprimento de onda foi de 435 nm.

O procedimento utilizado para a determinação da  $DBO_{5, 20^{\circ}C}$  consistiu na diluição da amostra dentro de uma faixa aceitável (0 a  $700\ mg\ L^{-1}$ ) e temperatura específica de  $20^{\circ}C$ , em um período de 5 d em estufa, Nova Ética 411D, sendo o oxigênio medido com o auxílio do equipamento Hach modelo BOD Trak™ II.

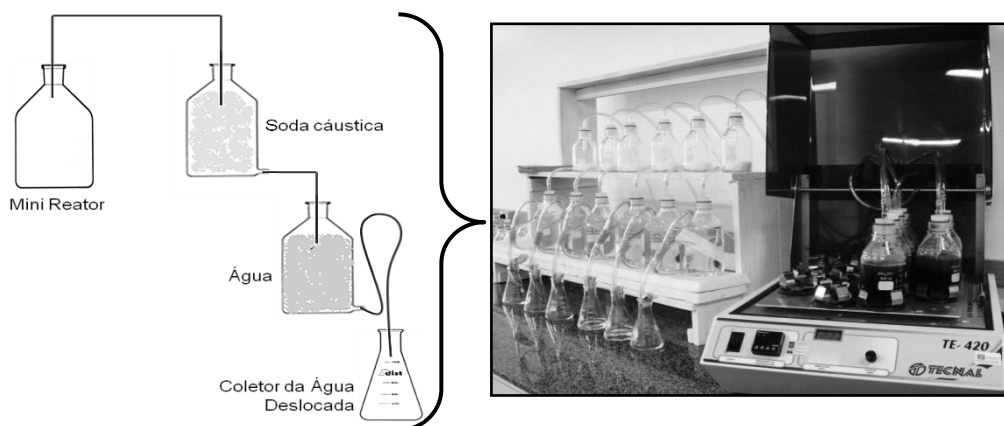
Para o teste de AME, adotou-se o procedimento descrito por Soares e Hirata (1999), sendo que a proporção de lodo em relação ao substrato empregado foi igual a  $2,5\ gSSV\ L^{-1}$  para  $2,5\ gDQO\ L^{-1}$ , ou seja, 1:1, em um frasco de 400 mL, em regime de agitação. Para se determinar a quantidade de lodo foram usados os valores de SSV e para se obter a concentração de substrato, alíquotas de 8,18 mL da mistura dos ácidos orgânicos: acético, propiônico e butírico, correspondendo a  $122,14\ gDQO\ L^{-1}$ , foram utilizadas no meio de cultura. O meio de cultura basal foi composto pelos nutrientes listados na Tabela 1.

Para dar início ao teste de AME, foi realizada, primeiramente, a determinação da concentração (em  $g\ L^{-1}$ ) de SSV presentes nos lodos analisados (lodo aeróbio e lodo anaeróbio); e, assim, foi definido o volume de lodo a ser adicionado em cada frasco, a fim de se obter uma concentração final de lodo correspondente a  $2,5\ g\ SSV\ L^{-1}$ . Posteriormente, foram acrescentados ao lodo aproximadamente 5,55 mL da Solução I; 0,83 mL da Solução II; 6 gotas da solução III; 8,18 mL da Solução IV e completou-se com água destilada até 400 mL. Nesta solução, foi realizado, então, o ajuste de pH para aproximadamente 7,0, com solução de hidróxido de sódio (NaOH) ou de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ). Em seguida, foi efetuada a purga do oxigênio presente nos frascos através de borbulhamento com nitrogênio gasoso (pressão de 5 psi, durante 5 min). Feito isso, os frascos foram fechados com rolhas de borracha e conectados a frascos de vidro contendo escamas de NaOH para reter o dióxido de carbono ( $CO_2$ ) proveniente da digestão anaeróbia e, estes, por sua vez, foram ligados a frascos de vidro contendo água, a qual foi deslocada para frascos coletores onde foi medido o volume de água deslocado. O volume de água deslocado correspondeu ao volume de metano produzido. Por fim, todos os frascos foram incubados em uma mesa agitadora tipo *shaker*, da marca TECNAL, modelo TE – 420, com agitação e temperatura controlada, 100 rpm e  $33^{\circ}C$ , respectivamente. O esquema completo do dispositivo experimental é apresentado na Figura 1.

**Tabela 1.** Composição das soluções estoque.

Solução I: Macronutrientes	Concentração (g L <sup>-1</sup> )
NH <sub>4</sub> Cl	170
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	37
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	11,5
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	8
Solução II: Micronutrientes	Concentração (mg L <sup>-1</sup> )
FeCl <sub>3</sub> .4H <sub>2</sub> O	2000
CoCl <sub>2</sub>	1088
MnCl <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	500
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	38
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	106
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	50
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	90
Na <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub> .5H <sub>2</sub> O	100
NiCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	50
EDTA	1000
HCl 36 %	1*
Rezazurina	500
Solução III: Meio Redutor	Concentração (mg L <sup>-1</sup> )
Na <sub>2</sub> S.9H <sub>2</sub> O	100
Solução IV: Ácidos Orgânicos Voláteis	Concentração (g L <sup>-1</sup> )
Acético	29,78
Propiônico	41,96
Butírico	50,40

\*Unidade em mL L<sup>-1</sup>. **Fonte:** Soares e Hirata (1999).



**Figura 1.** Dispositivo experimental utilizado para a realização do teste de atividade metanogênica específica.

Foram realizados três ensaios, bem como, três coletas de amostra de lodo, no mês de junho, agosto e setembro de 2011. Em cada ensaio foram adotados dois frascos para o lodo aeróbio, dois frascos para o lodo anaeróbio e dois frascos, um para o lodo aeróbio e outro para o lodo anaeróbio, sem o acréscimo de substrato (solução IV). As leituras de volume de gás foram feitas aproximadamente após 20 min do início do experimento. Nas primeiras 12 h de ensaio, as medidas foram realizadas em intervalos de 30 a 60 min e, nos três dias subsequentes, as leituras ocorreram duas a três vezes ao dia. Após este período, as medidas foram realizadas uma ou duas vezes por dia, até a produção de metano se estabilizar.

O volume de gás produzido foi corrigido nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP), sendo utilizada a Equação 1.

$$\frac{P_1 * V_1}{T_1} = \frac{P_2 * V_2}{T_2} \quad \dots[1]$$

em que:

$P$  = pressão atmosférica (atm);

$V$  = volume (L);

$T$  = temperatura (K);

$1$  = condições na CNTP;

$2$  = condições de laboratório em que o teste de AME foi realizado.

A AME foi determinada a partir da velocidade de conversão do substrato a metano, pela inclinação da curva (trecho de inclinação máxima). Para calcular a AME do lodo foi utilizada a Equação 2, apresentada por Soares e Hirata (1999).

$$AME = \frac{r * 24}{V * SSV} \quad \dots[2]$$

em que:

$AME$  = atividade metanogênica específica (gDQO-CH<sub>4</sub> gSSV.d<sup>-1</sup>);

$r$  = velocidade de produção de metano (gDQO-CH<sub>4</sub> h<sup>-1</sup>);

$V$  = volume de reação (L);

$SSV$  = concentração do lodo (gSSV L<sup>-1</sup>).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios e desvios padrão de DQO, DBO, pH, SST, SSV, SSF, ST, STV e STF, referente as amostras dos lodos têxtil e alimentício.

Verificou-se que a razão DBO/DQO média do lodo têxtil foi 0,13, inferior à observada para o lodo alimentício, que foi de 0,19. De acordo com Badawy e Ali (2006), quando se reporta a efluentes, uma razão DBO/DQO menor que 0,3 é um indicativo de baixa biodegradabilidade, tornando-se necessário a adoção de tratamentos físicos e/ou químicos para remover a matéria orgânica remanescente. Os mesmos autores ainda destacam que efluentes com razão DBO/DQO maior que 0,3 apresentam melhor biodegradabilidade, podendo ser tratados biologicamente.

Chun e Wang (1999), também lembram que valores inferiores a 0,3 de razão DBO/DQO para efluentes são indicativos da presença de substâncias recalcitrantes com propriedades

refratárias ou de toxicidade, que podem inibir a atividade metabólica dos microrganismos presentes no inóculo, necessitando-se desta forma, para a otimização do processo, de aclimatização prévia para a partida de um reator biológico.

**Tabela 2.** Caracterização média e desvios padrão dos lodos têxtil e alimentício.

Parâmetros	n*	Lodo Têxtil	Lodo Alimentício
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	3	15.163 ± 1.810	30.389 ± 1.278
DBO <sub>5, 20 °C</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	3	1.898 ± 467	5.724 ± 748
pH	3	7,82 ± 0,29	7,28 ± 0,20
SST (g L <sup>-1</sup> )	3	26,03 ± 4,27	32,19 ± 5,80
SSV (g L <sup>-1</sup> )	3	21,08 ± 3,61	26,69 ± 5,82
SSF (g L <sup>-1</sup> )	3	4,96 ± 0,66	5,50 ± 0,87
ST (g L <sup>-1</sup> )	3	39,59 ± 3,22	45,83 ± 17,15
STV (g L <sup>-1</sup> )	3	33,72 ± 2,72	39,67 ± 18,74
STF (g L <sup>-1</sup> )	3	5,84 ± 0,44	6,41 ± 2,07

\*n: número de amostras analisadas para cada parâmetro.

Como o lodo é um subproduto do tratamento de efluentes, certamente tais características recalcitrantes dos efluentes são transferidas ao subproduto, podendo-se justificar também a baixa razão DBO/DQO dos lodos estudados (têxtil e alimentício). Essa colocação é corroborada por Marques e Hogland (2002), bem como, Lara et al. (1999), ao afirmarem que algumas substâncias presentes inicialmente no efluente bruto concentram-se no lodo formado nas ETE. Além disso, a baixa relação DBO/DQO também pode estar relacionada ao fato de que a carga orgânica destes lodos já foi digerida durante o tratamento restando apenas compostos de difícil degradação.

Observou-se, também, a partir da Tabela 2, que a razão SSV/SST média encontrada para o lodo têxtil foi 0,81 e para o lodo alimentício foi 0,83. Para a razão STV/ST média foram obtidos os valores de 0,85 e 0,87 para o lodo têxtil e lodo alimentício, respectivamente. Essas razões estão de acordo com a literatura, pois, conforme Manera Neto (1992), estima-se como adequado um valor de aproximadamente 0,8 para a razão entre SSV e SST do lodo. A razão comum de STV/ST para lodos granulares se encontra entre 0,45 e 0,90 (Hulshoff Pol, 1989).

Lozada et al. (2008), no estudo da AME de lodo granular proveniente de um reator UASB que tratava efluente de indústria papeleira, alcançaram razão STV/ST de 0,65. Torres et al. (2004) obtiveram razão STV/ST de 0,46 para lodo proveniente de um reator UASB que tratava efluente doméstico. Vidal et al. (2003) encontraram uma variação entre 0,80 e 0,92 para a razão SSV/SST ao analisarem o lodo de um sistema de lodos ativados tratando efluente de curtumes.

De forma geral, os resultados da razão DBO/DQO foram baixos, enquanto que os da SSV/SST e STV/ST foram elevados. Tal situação indica que a composição dos dois lodos é predominantemente orgânica (devido à elevada razão SSV/SST e STV/ST), porém, pouco biodegradável (devido à baixa relação DBO/DQO).

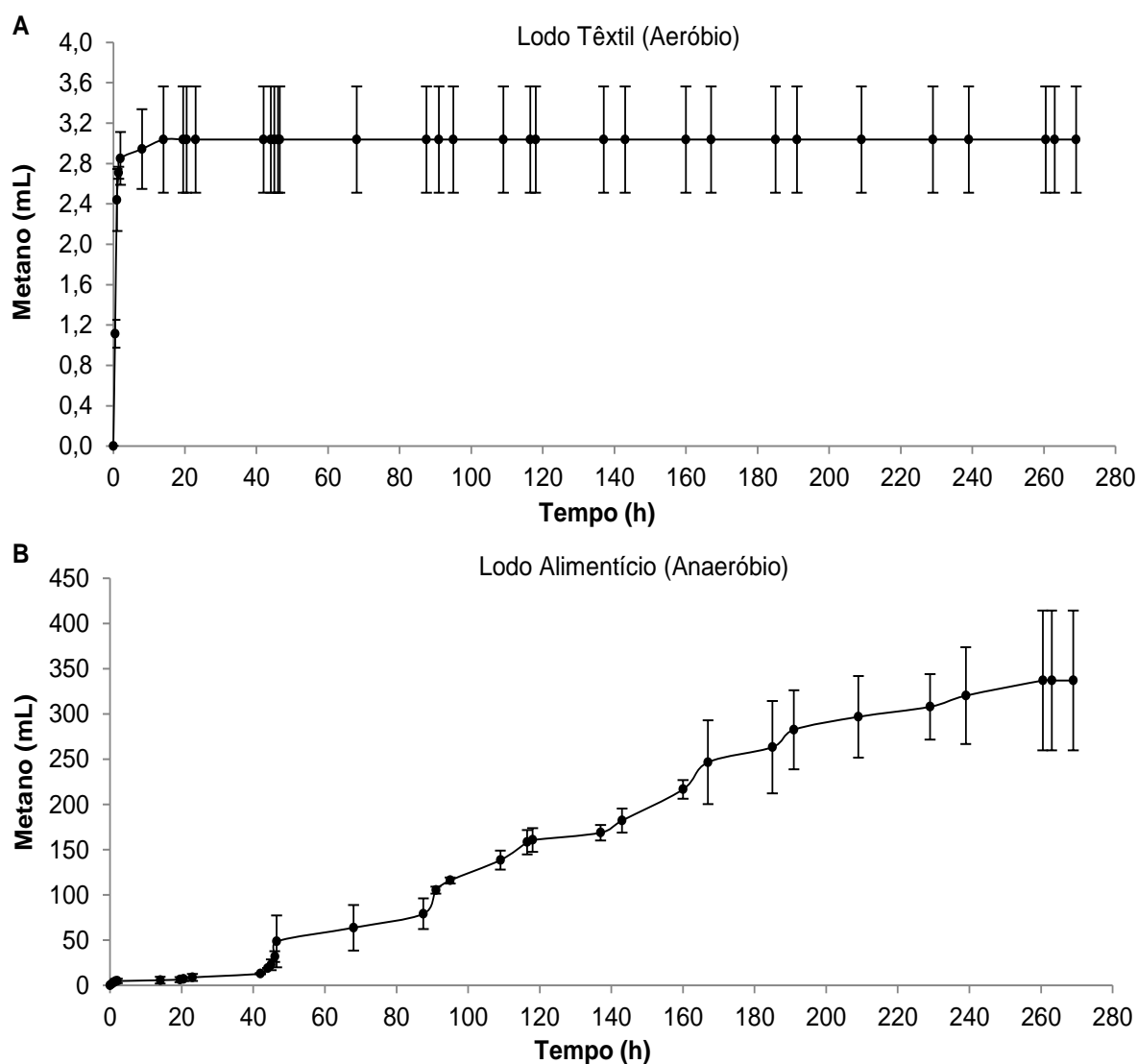
Quanto aos valores médios de pH, estes se mostraram próximos da neutralidade para ambos os lodos estudados, isto é: 7,82 e 7,28 respectivamente. Durante o acompanhamento do teste de AME, para o favorecimento de uma condição máxima de crescimento das *Arqueas* metanogênicas, procedeu-se o ajuste de pH em torno de 7,0 – procedimento este encontrado

em outros estudos, como Dohányios e Záborská (2001), e Bueno (2010), usando ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ).

Na Figura 2 é apresentada a curva representativa da produção cumulativa de metano do lodo têxtil e alimentício. Ressalta-se que a curva média dos resultados obtidos foi calculada de acordo com metodologia adotada por Soares e Hirata (1999) para três amostragens de lodos.

Observou-se que a produção de metano do lodo têxtil aumentou até 14 h (3,04 mL de metano) de incubação, estabilizando a partir deste momento. Por outro lado, no lodo alimentício, a produção de metano aumentou até 261 h (337,05 mL de metano) de incubação, estabilizando-se em seguida. Constatou-se, ainda, que os resultados obtidos das curvas de produção de metano foram diferentes, uma vez que a produção de metano do lodo têxtil começou e terminou rapidamente em questão de 14 h, de forma oposta ao que ocorreu com o lodo alimentício, cuja produção se estendeu por um período de aproximadamente 11 d.

Ricordi et al. (2008), seguindo a metodologia de Soares e Hirata (1999), para o teste de AME, obtiveram uma produção de metano em torno de 250 mL para um período maior de monitoramento, alcançando a estabilidade com 336 h de incubação do resíduo de cama de frangos de corte com diferentes teores de umidade.

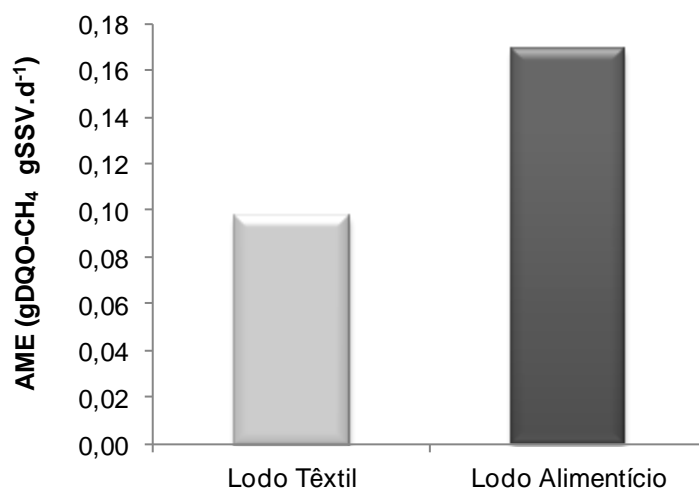


**Figura 2.** Produção acumulada média de metano durante o teste de AME do lodo têxtil (A) e do lodo alimentício (B).

Com base nas curvas de produção cumulativa média de metano, utilizou-se a Equação 2 para a determinação da produtividade máxima de metano ou AME máxima, que foi 0,10 e 0,17 gDQO-CH<sub>4</sub> gSSV.d<sup>-1</sup> para o lodo têxtil e lodo alimentício, respectivamente (Figura 3). Diante destes resultados, constatou-se que o valor de AME do lodo alimentício foi superior ao valor de AME do lodo têxtil.

Seguindo os procedimentos metodológicos de Soares e Hirata (1999), utilizados neste trabalho, porém com algumas modificações, Alves et al. (2005), avaliaram diferentes tipos de lodo para partida de reatores anaeróbios com diferentes configurações, trabalhando com uma relação inóculo/substrato de 5,0 gSSV L<sup>-1</sup> para 5,0 gDQO L<sup>-1</sup>, alcançaram maior AME com o lodo bovino (0,0565 gDQO-CH<sub>4</sub> gSSV.d<sup>-1</sup>) em relação ao lodo de dejetos suínos puro. Já Belli Filho et al. (2002), que também seguiram a mesma metodologia, na busca de definição de um inóculo para partida de um reator UASB, na bioestabilização de resíduos sólidos orgânicos urbanos integrados com lodos de tanques sépticos, escolheram o lodo granular proveniente de um reator UASB da Companhia de Saneamento de Santa Catarina (CASAN) tratando esgoto doméstico, cujo valor médio da AME máxima alcançada foi de 0,19 gDQO-CH<sub>4</sub> gSSV.d<sup>-1</sup>.

No caso de Lozada et al. (2008), para o ensaio de AME de lodo granular proveniente de um reator UASB que tratava efluente de indústria papaleira, os autores alcançaram 0,20 gDQO-CH<sub>4</sub> gSSV.d<sup>-1</sup>, usando uma relação inóculo/substrato de 2,5 gSSV L<sup>-1</sup> de concentração celular para 2,5 gDQO L<sup>-1</sup> em ácidos orgânicos.



**Figura 3.** Atividade metanogênica específica média do lodo têxtil e lodo alimentício.

#### 4. CONCLUSÃO

Para as condições estabelecidas durante a condução do experimento, em escala de bancada, concluiu-se que:

Nos ensaios de AME os microrganismos presentes no lodo têxtil (aeróbio) apresentaram menor atividade metanogênica e produção de metano, quando comparados aos do lodo alimentício (anaeróbio), indicando não ser viável seu uso como inóculo para a partida de um reator UASB.



## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESC – Edital Chamada Pública Universal Nº 07/2009, e também a MEC/CAPEs – Edital PNPd MEC/CAPEs pela concessão da bolsa e recursos financeiros, bem como a FURB – Fundação Universidade Regional de Blumenau.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, L. H.; CERVANTES, F. J. Assessing the impact of alumina nanoparticles in an anaerobic consortium: methanogenic and humus reducing activity. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 95, n. 5, p. 1323-1331, 2012. <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-011-3759-4>
- ALVES, L. C.; CAMMAROTA, M. C.; FRANÇA, F. P. Inibição de lodo biológico anaeróbio por constituintes de efluente de laboratório de controle de poluição. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 236-242, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522005000300008>
- AHN, Y.; YOU, J. L.; KIN, H. S. PARK, S. Monitoring of specific methanogenic activity of granular sludge by confocal laser scanning microscopy during start-up of thermophilic upflow anaerobic sludge blanket reactor. **Biotechnology Letters**, v. 22, n. 20, p. 1591-1596, 2000. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1005696017394>
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION - AWWA; WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION - WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed. Washington, 2012. 1496 p.
- AQUINO, S. F.; CHERNICHARO, C. A. L.; FORESTI, E.; SANTOS, M. L. F.; MONTEGGIA, L. O. Metodologias para determinação da atividade metanogênica específica (AME) em lodos anaeróbios. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 192-201, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522007000200010>
- BADAWY, M. I.; ALI, M. E. M. Fenton's peroxidation and coagulation processes for the treatment of combined industrial and domestic wastewater. **Journal of Hazardous Materials**, v. 136, n. 3, p. 961-966, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.01.042>
- BELLI FILHO, P.; RITA F.; SOARES, H. M.; MEDEIROS, N. R.; MATIAS, W. J.; CASTILHOS JR., A. B. et al. Digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos integrada com lodo de tanque séptico associado ao tratamento de lixiviado em reator UASB. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 28., 27 oct. - 1 nov., Cancún, México. **Proceedings...** [S.l.]: Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, AIDIS. Gestión inteligente de los recursos naturales: desarrollo y salud, 2002. p. 1-7.
- BUENO, R. F. Comparação entre biodigestores operados em escala piloto para produção de biogás alimentado com estrume bovino. **Holos Environment**, v. 10, n. 1, p. 111-125, 2010.
- CHELLAPANDI, P.; PRABAHARAN, D.; UMA, L. Evaluation of methanogenic activity of biogas plant slurry for monitoring codigestion of ossein factory wastes and cyanobacterial biomass. **Appl Biochem Biotechnol**, v. 162, n. 2, p. 524-535, 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/s12010-009-8834-2>

SILVA, J. D.; SCHNEIDERS, D.; TILL, A.; LAPA, K. R.; PINHEIRO, A. Atividade metanogênica específica (AME) de lodos industriais provenientes do tratamento biológico aeróbio e anaeróbio. **Ambi-Agua**, Taubaté, v 8, n. 2, p. 135-145, 2013. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1098>)

---

CHERNICHARO, C.A. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: SEGRAD; UFMG, 1997. 246 p.

CHUN, H.; WANG, Y. Decolorization and biodegradability of photocatalytic treated azo dyes and wool textile wastewater. **Chemosphere**, v. 39, n. 12, p. 2107-2115, 1999. [http://dx.doi.org/10.1016/S0045-6535\(99\)00118-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0045-6535(99)00118-6)

DOHÁNYIOS, M.; ZÁBRANSKÁ, J. Anaerobic digestion, In: SPINOSA, L; VESILIND, P A. **Sludge into biosolids**. UK: IWA Publishing, 2001. p. 223-241.

DOLFING, J.; BLOEMEN, G. B. M. Activity measurements as a tool to characterize the microbial composition of methanogenic environments. **Journal of Microbiological Methods**, v. 4, n. 1, p. 1-12, 1985. [http://dx.doi.org/10.1016/0167-7012\(85\)90002-8](http://dx.doi.org/10.1016/0167-7012(85)90002-8)

ENRIGHT, A. M.; MCGRATH, V.; GILL, D.; COLLINS, G.; O'FLAHERTY, V. Effect of seed sludge and operation conditions on performance and archaeal community structure of low-temperature anaerobic solvent-degrading bioreactors. **Systematic and Applied Microbiology**, v. 32, n. 1, p. 65-79, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.syapm.2008.10.003>

FLORENTINO, H. O.; BISCARO, A. F. V.; PASSOS, J. R. S. Funções sigmoidais aplicadas na determinação da atividade metanogênica específica – AME. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 28, n. 1, p. 141-150, 2010.

HULSHOFF POL, L. **The phenomenon of granulation of anaerobic sludge**. 1989, 120 f. Thesis (Doctoral in Landbouwwetenschappen) - Wageningen Agricultural University, Wageningen – The Netherlands, 1989.

LARA, A. I.; FERREIRA, A. C.; ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S.; IHLENFELD, R G K. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Curitiba: SANEPAR/PROSAB, 1999, 98 p.

LOUZADA, A. G.; SILVA, A. L. B.; LUBE, L. M.; GONÇALVES, R. F.; CASSINI, S. T. A. Avaliação da biodegradabilidade de lodos com condicionamento hidrolítico provenientes do sistema ETE-UFES. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 18 set. – 23 set., Campo Grande. **Proceedings...** [S.l.]: ABES, 2005. p. 1-7.

LOZADA, P. T.; PÉREZ, V. A.; CAJIGAS, Á. A.; OTERO, A. M; GONZÁLEZ, M. Selección de acondicionadores químicos para el tratamiento anaerobio de aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca. **Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente**, n. 7, p. 66-74, 2008.

MANERA NETO, V. **Processos anaeróbios**. Estância Velha: SENAI, 1992. 78 p.

MARQUES, M.; HOGLAND, W. Balanço de massas para metais pesados em uma planta de tratamento de águas residuais municipais. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 28., 27 oct. - 1 nov., Cancún, México. **Proceedings...** [S.l.]: Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, AIDIS. Gestión inteligente de los recursos naturales: desarrollo y salud, 2002. p. 1-8.

SILVA, J. D.; SCHNEIDERS, D.; TILL, A.; LAPA, K. R.; PINHEIRO, A. Atividade metanogênica específica (AME) de lodos industriais provenientes do tratamento biológico aeróbio e anaeróbio. **Ambi-Agua**, Taubaté, v 8, n. 2, p. 135-145, 2013. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1098>)

---

OZ, N. A.; INCE, O.; TURKER, G.; INCE, B. K. Effect of seed sludge microbial community and activity on the performance of anaerobic reactors during the start-up period. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 28, n. 2, p. 637-647, 2012. <http://dx.doi.org/10.1007/s11274-011-0857-5>

RICORDI, V. G.; TERRES, L. R.; MARTINS, J. L. Influência do volume de água sobre o potencial hidrogeniônico na digestão anaeróbia da cama de frangos de corte. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 17.; ENCONTRO DE PÓS GRADUAÇÃO, 10., 11 – 14 nov., Pelotas. **Proceedings...** Pelotas: UFPEL, 2008. p. 1-4.

SILVA, A. L. B.; ANDRADE, M. C. F. E.; LOUZADA, A. G.; CASSINI, S. T.; GONÇALVES, R. F. Comportamento da biomassa metanogênica de lodo de reator UASB tratando esgoto sanitário e lodo de descarte de biofiltros aerados submersos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, 18 set. – 23 set., Campo Grande. **Proceedings...** [S.l.]: ABES, 2005. p. 1-6.

SOARES, H. M.; HIRATA, Y. S. Classroom practice. In: COURSE OF BIOLOGICAL TREATMENT OF WASTE, 4., 30 jun. - 11 jul., Florianópolis. **Proceedings...** [S.l.]: CBAB MCT/CNPQ ALFA FURB CPGENQ/UFSC, 1999. 25 p.

SONG, Y. C.; WOO, J. H.; KWON, S. J.; KOH, S. C. Microbial activity and population structure of anaerobic sludge alternately exposed to mesophilic and thermophilic conditions. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v. 10, n. 5, p. 319-323, 2006. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02830085>

SOUTO, T. F.; AQUINO, S. F.; SILVA, S. Q.; CHERNICHARO, C. A. L. Influence of incubation conditions on the specific methanogenic activity test. **Biodegradation**, v. 21, n. 3, p. 411-424, 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/s10532-009-9311-x>

TORRES, P.; CARDOSO, A.; ROJAS, O. Mejoramiento de la calidad de lodos anaerobios. Influencia de la adición de cloruro férrico. **Ingeniería y Competitividad**, v. 5, n. 2, p 23-31, 2004.

VIDAL, G.; NIETO, J.; MÁRQUEZ, F.; MANSILLA, H.; BORNHARDT, C. Combinación de procesos biológicos y de oxidación avanzada para el tratamiento de una corriente de proceso de la industria de curtiembre. **Agua Latinoamérica – AIDIS**, p. 10-13, 2003. Disponível em: <<http://www.agualatinoamerica.com/ArchiveNewsView.cfm?ID=273>>. Acesso em: maio 2013.

ZHOU, H.; QIU, G. Inhibitory effect of ammonia nitrogen on specific methanogenic activity of anaerobic granular sludge. **Journal of Central South University of Technology**, v 13, n. 1, p. 63-67, 2006. <http://dx.doi.org/10.1007/s11771-006-0108-3>