

# SISTEMA DE DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE METANOGÊNICA ESPECÍFICA DE LODOS ANAERÓBIOS

POETSCH, Patrícia B. & KOETZ, Paulo R..

UFPEL / FAEM - Dept<sup>o</sup>. Ciência e Tecnologia Agroindustrial - Campus Universitário - Caixa Postal, 354  
CEP 96070 - 900 - Tel. (0532) 75 7258 - Pelotas/RS - Brasil.  
(Recebido para publicação em 25/05/98)

## RESUMO

O teste de Atividade metanogênica específica (AME) foi adaptado aos procedimentos de laboratório para avaliação da qualidade de lodos anaeróbios, provenientes de reator tratando efluentes de conservas vegetais. O teste foi realizado em frascos de vidro de soro, incubados em incubadora orbital. O volume de gás da AME foi medido por deslocamento de líquido. As AME determinadas foram de 10,29mL à 24,23mL  $\text{CH}_4 \cdot \text{g}^{-1} \text{SSV} \cdot \text{h}^{-1}$  para o lodo de reator tratando efluentes de conservas vegetais. O sistema foi adequado para a determinação da AME.

Palavras-chave: Atividade Metanogênica Específica, Lodo Anaeróbio, Processo Anaeróbio

## ABSTRACT

A METHOD FOR THE DETERMINATION OF SPECIFIC METHANOGENIC ACTIVITY FOR BIOMASS TREATING CANNERY EFFLUENTS. A special system was adapted to the laboratory for the Specific Methanogenic Activity (SMA) perform. The sludges was collected from a UASB reactor treating canned food industry effluent wastewater. The test was performed in serum bottles as reactors incubated in a orbital shaker. The gas was measured by liquid displacement. The SMA values was 10.29mL to 24.23mL  $\text{CH}_4 \cdot \text{g}^{-1} \text{VSS} \cdot \text{h}^{-1}$  for the canned food sludge. This system was utilizable for the SMA determination.

Key words: Specific Methanogenic Activity, Sludges Anaerobic, Anaerobic Process

## INTRODUÇÃO

Os processos anaeróbios de tratamento de efluentes industriais e domésticos, no Brasil, tem sido responsáveis pela grande mudança nas condições de controle de poluição industrial, pois são tecnologias de baixo custo econômico e energético, e de resposta satisfatória, tanto do ponto de vista empresarial, como dos órgãos de fiscalização e de pesquisa.

A operação destes reatores depende de um

controle rigoroso das condições ambientais do processo fermentativo, bem como do desenho do equipamento. A biomassa anaeróbia, responsável pela degradação da matéria orgânica dos águas residuárias, deve ser constantemente avaliada em sua capacidade de depuração.

As bactérias anaeróbias são de difícil isolamento e identificação, e vários processos e métodos tem sido propostos para quantificar tais bactérias, bem como para medir a sua atividade.

O teste da (AME), é um dos controles que mais tem merecido a atenção dos pesquisadores. O mesmo consiste em incubar uma pequena quantidade de biomassa, em meio contendo acetato e nutrientes, medindo-se a quantidade de gás produzido por unidade de tempo e por unidade de massa bacteriana. Este teste ainda não foi objeto de uma padronização, sendo que cada grupo de pesquisa usa uma metodologia mais apropriada para o seu trabalho.

Este teste, além além do controle de operação dos reatores, também pode ser útil na determinação da degradabilidade de efluentes em condições anaeróbias. Objetivou-se desenvolver um teste de AME adaptado para o controle de reatores do tipo UASB, tratando efluentes da indústria de conservas vegetais.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A digestão anaeróbia é um processo biológico natural, segundo MOSEY, 1983, citado por FORESTI, 1997, que ocorre na ausência de oxigênio molecular, no qual populações bacterianas interagem estreitamente para promover a fermentação estável e auto-regulada da matéria orgânica, da qual resultam, principalmente, os gases metano e dióxido de carbono.

A capacidade de carga de um reator anaeróbio não é dependente do suprimento de reagente, como o oxigênio em processos aeróbios. O potencial de carga de um reator anaeróbio é ditado pela quantidade de lodo viável que pode ser retido no mesmo, contato entre lodo viável e a água residuária e taxas dos processos de conversão biológico (MONTEGGIA, 1997).

A digestão anaeróbia é um processo altamente complexo do ponto de vista microbiológico. O processo é natural, baseado no ciclo anaeróbio do Carbono, pelo qual é possível transformar a substância orgânica em biomassa e compostos inorgânicos como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{N}_2$ , e  $\text{CO}_2$  (SOUBES, 1994).

Segundo HIRATA, 1997, os tratamentos biológicos de efluentes devem ser monitorados e mantidos sob controle estatístico (processos estáveis), de modo a assegurar seu bom desempenho. A variabilidade que podem ocorrer se deve a causas aleatórias não significativas, a desestabilização se deve a causas especiais como: sobrecarga orgânica ou hidráulica, aparecimento de substâncias tóxicas orgânicas ou inorgânicas na corrente de entrada, mudanças significativas nas condições ambientais como temperatura, pH, e outras que podem afetar o sistema biológico.

Mais especificamente, no que tange a processos anaeróbios, o desenvolvimento de reatores de alta taxa eliminou a desvantagem mais séria para o tratamento de efluentes líquidos, quando comparado com processos aeróbios, que consistia no longo tempo de retenção hidráulico requerido para manter as bactérias metanogênicas dentro dos reatores, devido ao seu lento crescimento (MONTEGGIA *et al.*, 1994).

Entre os processos anaeróbios desenvolvidos, cujas características são: períodos curtos de detenção hidráulica, alta concentração de massa celular no reator e baixo custo de operação, destacam-se os processos de fluxo ascendente de leito de lodo anaeróbios (UASB), filtro anaeróbio e reator de fluxo ascendente em filme fixo. O reator UASB foi o mais estudado e tem uma maior aplicação na Europa e no Brasil (VALÉRIO, 1994).

O objetivo fundamental da aplicação de tratamento anaeróbio em diferentes resíduos, é diminuir, em ausência de oxigênio, o poder contaminante dos mesmos. O ideal seria transformá-los em resíduos não contaminante e que fossem transformados em produtos voláteis, mas sem perturbar a atmosfera. Com estas características não existe nenhum tratamento, nem químico nem biológico, o que se pode obter é uma transformação parcial de produtos que deixam uma pequena quantidade de resíduos possíveis (SOUBES, 1994).

O parâmetro Atividade Metanogênica Específica (AME), empregado como complemento ao parâmetro Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), permite a avaliação da capacidade geradora de gás metano em lodos anaeróbios de efluentes industriais.

A atividade metanogênica é calculada a partir da medição direta da taxa de produção de metano ou

consumo de um substrato, por unidade de biomassa (SSV) e unidade de tempo, deve-se levar em conta, a garantia de ambiente anaeróbio, e condições necessárias de nutrientes para obtenção da atividade biológica máxima, utilização de adequada população de microrganismos, avaliada pela concentração de sólidos suspensos voláteis (SSV), alimento suficiente para obtenção da taxa máxima de remoção de substrato e o uso de um equipamento capaz de monitorar as mudanças da atividade metabólica ou o consumo do substrato teste durante o período do teste (MONTEGGIA, 1991).

O teste de atividade microbiana pode ser utilizado como análise de rotina, para quantificar a atividade metanogênica de lodos anaeróbios, avaliar o comportamento de biomassas sob o efeito de compostos potencialmente inibidores, determinar a toxicidade relativa de compostos químicos presentes em efluentes líquidos e resíduos sólidos, estabelecer o grau de degradabilidade de um efluente com base na atividade, já determinada de um lodo, monitorar as mudanças de atividade do lodo, devido a uma possível acumulação de materiais inertes, após longos períodos de operação de reatores, determinar a carga orgânica máxima que pode ser aplicada a um determinado tipo de lodo, proporcionando uma aceleração do processo de partida de sistemas de tratamento, e avaliar parâmetros cinéticos (CHERNICHARO, 1997).

A causa das falhas do sistema anaeróbio no passado, era devida à dificuldade de analisar as misturas complexas do material a tratar, inclusive o estudo do potencial inibidor de cada efluente e a falta de conhecimento das interações entre inibidores e os demais constituintes com as bactérias metanogênicas. Outra dificuldade era distinguir entre as falhas devido aos materiais tóxicos e aqueles devido a operação e projeto inadequado (OWEN, *et al.* 1978).

## MATERIAL E MÉTODOS

A biomassa utilizada foi proveniente de reator UASB em tratamento de efluente de indústria de conservas vegetais da região de Pelotas, RS.

No lodo foram analisados os sólidos suspensos voláteis ( $\text{g.L}^{-1}$ ), para o cálculo da concentração da biomassa inicial, alcalinidade, acidez volátil total e pH. As análises físico-químicas foram realizadas de acordo com STANDARD METHODS (1995).

A solução nutritiva foi preparada de acordo com a recomendação de MONTEGGIA (1997) e consta do seguinte: Solução Nutritiva (Água de diluição + Nutrientes) : Potássio fosfato Monobásico -  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  -  $1,5\text{g.L}^{-1}$ ; Fosfato de potássio Bibásico -  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  -  $1,5\text{g.L}^{-1}$ ; Cloreto de amônio -  $\text{NH}_4\text{Cl}$  -  $0,5\text{g.L}^{-1}$ ; Sulfeto de sódio

hepta hidratado -  $\text{Na}_2\text{S} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  -  $0,5\text{g.L}^{-1}$ ; Extrato de Levedura -  $0,2\text{g.L}^{-1}$ ; Cloreto de níquel hexa hidratado -  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  -  $0,00305\text{g.L}^{-1}$ ; Cloreto de cobalto hexa hidratado -  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  -  $0,00168\text{g.L}^{-1}$ .

O substrato foi preparado com acetato de sódio à  $40\text{g.L}^{-1}$ .

Realizaram-se 3 tratamentos nas seguintes condições: Tratamento 1 realizado em frascos teste com 20mL de lodo, 170mL de solução nutritiva e 10mL de acetato de sódio, resultando na concentração final de  $2\text{gHA}_c \cdot \text{L}^{-1}$ . O volume final do teste foi de 200mL. A biomassa foi calculada relacionando a concentração de sólidos suspensos voláteis ( $\text{g.L}^{-1}$ ) e o volume da mistura final do lodo (L). A concentração de biomassa foi de  $1,97\text{g SSV} \cdot \text{L}^{-1}$ . 2) e 3) em frascos teste com 50mL de lodo, 170mL de solução nutritiva e 10mL de acetato, resultando em  $1,74\text{g.HA}_c \cdot \text{L}^{-1}$ . O volume final do teste foi de 230mL. No tratamento 2 a concentração de biomassa foi de  $4,29\text{g SSV} \cdot \text{L}^{-1}$ , e no tratamento 3 a concentração de biomassa foi de  $5,13\text{g SSV} \cdot \text{L}^{-1}$ .

O lodo anaeróbio foi testado em concentrações de sólidos suspensos voláteis de  $1,97$ ;  $4,29$  e  $5,13\text{g SSV} \cdot \text{L}^{-1}$ .

Nos frascos teste, vedados com rolha de borracha, injetou-se gás nitrogênio com pressão de  $34,46\text{KPa}$ , durante 5 minutos, para purga do oxigênio.

Os frascos vedados ficaram em repouso por 24 horas a temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , para a adaptação às condições do teste. Após esta aclimação, adicionou-se o substrato à solução do frasco teste.

O teste de atividade metanogênica específica (AME) foi realizado em incubadora rotativa orbital à  $160\text{rpm}$  e temperatura  $35^\circ\text{C}$ . Os frascos de vidro de sorro, com 275mL de capacidade, foram conectados por mangueira de silicone à um medidor de gás., conforme Fig.1.

O gás metano produzido foi medido em gasômetro, constituído de cilindros de vidro graduados de 500mL e colocados em recipiente com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 3% e indicador fenolftaleína, conforme recomendado por SOARES (1997) e apresentado na Fig. 1.

As leituras do volume de gás foram corrigidas para a pressão atmosférica normal, para compensar a coluna de líquido no tubo do gasômetro.

Atividade Metanogênica Específica (AME) do lodo foi calculada, relacionando-se a quantidade de metano produzido em mL pela biomassa em grama de SSV e pelo tempo, em horas, de acordo com a seguinte expressão.

$$\text{AME} = \text{Produção de gás (ml)} / C_{\text{SSVT}} \times \text{tempo (h)}$$

$$C_{\text{SSV}} - \text{Biomassa}$$

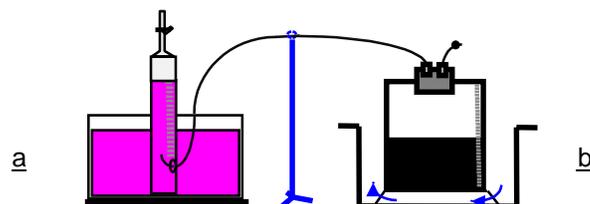


Figura. 1 - Esquema do teste de AME. a)reator; b) medidor de gás

A produção de metano, para os três testes estão apresentados nas figuras 2; 4 e 6. A produção de gás foi obtida nas primeiras 10 horas de incubação. Esta produção de gás resulta em máximo de AME, também neste período, conforme as figuras 3; 5 e 7. Na tabela 1 estão apresentados os valores máximos de AME e as condições de incubação da biomassa. A atividade metanogênica máxima foi obtida com o tratamento 1, com 2 horas de tempo de incubação.

O valor mais elevado, de acordo com a Tabela 2, foi obtido na concentração de biomassa de  $1,97\text{g.SSV} \cdot \text{L}^{-1}$ , concordando com MONTEGGIA (1997), que recomenda valor de concentração de biomassa de  $2\text{g.SSV} \cdot \text{L}^{-1}$ .

MONTEGGIA & BEAL, 1994 encontraram valores mais altos para a AME de lodos de cervejaria, de  $21$  a  $23\text{mL CH}_4 \cdot \text{g}^{-1}\text{SSV} \cdot \text{h}^{-1}$  e valores próximo de  $6,5$  a  $7,5\text{mL CH}_4 \cdot \text{g}^{-1}\text{SSV} \cdot \text{h}^{-1}$  para lodo de efluentes de fábrica de papel e celulose e lodo de efluente a base de sorro de leite. Ainda encontrou valores de  $14$  a  $16\text{mL CH}_4 \cdot \text{g}^{-1}\text{SSV} \cdot \text{h}^{-1}$  para lodo de efluentes de fábrica de sorvete. No entanto, o autor não separou o  $\text{CO}_2$ , que se constitui em cerca de metade do gás produzido.

DOLFING & BLOEMEN, 1985, encontraram  $1,34\text{mL CH}_4 \cdot \text{g}^{-1}\text{SSV} \cdot \text{h}^{-1}$ . para lodos de efluentes de fábrica de amido de milho.

Os valores encontrados para a AME de lodo tratando efluentes de indústria vegetais, foram de  $10,29$  à  $24,23\text{mL CH}_4 \cdot \text{g}^{-1}\text{SSV} \cdot \text{h}^{-1}$ , semelhantes aos valores encontrados por Monteggia, 1994, em lodos de cervejaria e fábrica de sorvete.

Os tratamentos 2 e 3, com concentrações de biomassa de  $4,29\text{g.SSV} \cdot \text{L}^{-1}$  e  $5,13\text{g.SSV} \cdot \text{L}^{-1}$  de SSV, apresentaram valores diferentes de AME. Isto se deve, provavelmente, a maior concentração de biomassa, provocando alteração no comportamento das bactérias, por limitação de substrato.

TABELA 1 - Atividade Metanogênica Específica máxima, tempo de incubação e concentração da biomassa, para os tratamentos de lodo de reator tratando efluentes de indústria de conservas vegetais.

Tratamentos	Tempo	Nº de repetições	Valor máximo de AME
$C_{SSV}$ (g.SSV.L <sup>-1</sup> )	(h)	$\eta$	(mL CH <sub>4</sub> .g <sup>-1</sup> SSV.h <sup>-1</sup> )
1,97	2,0	3	24,23
4,29	1,0	6	11,58
5,13	4,0	3	10,29

AME - Atividade Metanogênica Específica  
SSV - Sólidos Suspensos Voláteis

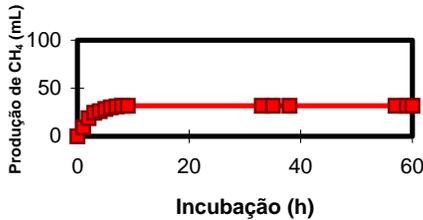


Fig. 2 - Tempo de incubação e produção de gás com a  $C_{SSV}$  à 1,97gSSV.L<sup>-1</sup> de lodo de reator de efluentes de conservas vegetais

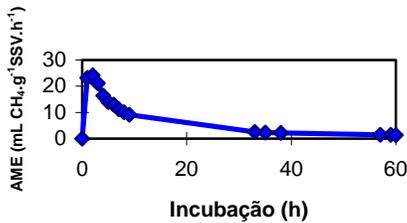


Fig. 3 - Tempo de incubação e atividade metanogênica específica com  $C_{SSV}$  à 1,97gSSV.L<sup>-1</sup> de lodo de reator de efluentes de conservas vegetais

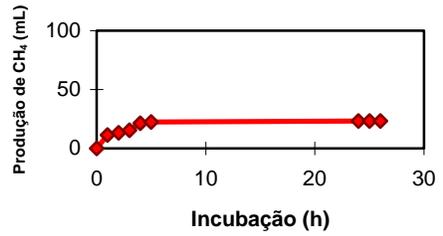


Fig. 4 - Tempo de incubação e produção de gás com a  $C_{SSV}$  à 4,29gSSV.L<sup>-1</sup> de lodo de reator de efluentes de conservas vegetais

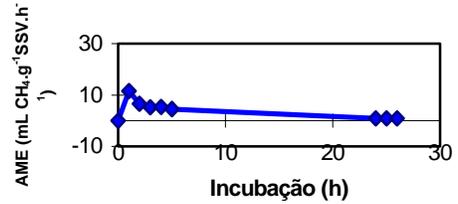


Fig. 5 - Tempo de incubação e atividade metanogênica específica com  $C_{SSV}$  à 4,29gSSV.L<sup>-1</sup> de lodo de reator de efluentes de conservas vegetais

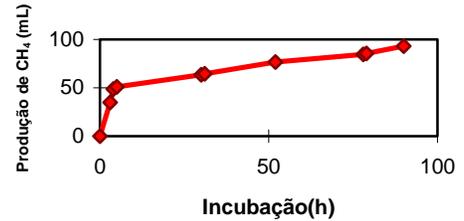


Fig. 6 - Tempo de incubação e produção de gás com  $C_{SSV}$  à 5,13gSSV.L<sup>-1</sup> de lodo de reator de efluentes de conservas vegetais

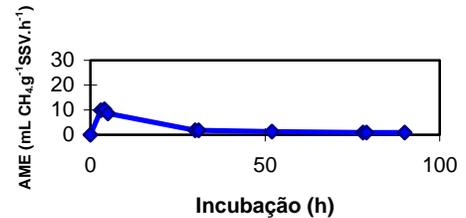


Fig. 7 - Tempo de incubação e atividade metanogênica específica com  $C_{SSV}$  à 5,13gSSV.L<sup>-1</sup> de lodo de reator de efluentes de conservas vegetais

## CONCLUSÃO

A atividade metanogênica específica (AME) de lodos de reatores de indústria de conservas vegetais é de 10,29 à 24,23 mL CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup>SSV.h<sup>-1</sup>.

A concentração de biomassa ideal para o teste é de 1,97g.SSV.L<sup>-1</sup>.

O sistema proposto para a determinação da atividade metanogênica específica (AME) em lodos anaeróbios é adequado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHERNICHARO, C.A. L. Biomassa nos Sistemas Anaeróbios. In: CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**: reatores anaeróbios. Belo Horizonte-Br: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-DESA, Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG, 1997. v. 5, p. 85-88, cap.3.
- FORESTI, E. Fundamentos do Processo de Digestão Anaeróbia In: FORESTI, E. Sistemas de Tratamento Anaeróbio. CURSO DE TRATAMENTO BIOLÓGICO DE RESÍDUOS, 3, Florianópolis, 30 de junho a 11 de julho de 1997. **Anais....** Florianópolis-Br, 1997. p. 1 -12.
- HIRATA, Y. S. Nutrição, Inibição, Crescimento e Aspectos Bioquímicos In: HIRATA, Y.S. Célula Microbiana. CURSO DE TRATAMENTO BIOLÓGICO DE RESÍDUOS, 3, Florianópolis - 30 de junho a 11 de julho de 1997. **Anais....** Florianópolis-Br, 1997. p. 12-13.
- MONTEGGIA, L. O. Proposta de Metodologia para Avaliação do Parâmetro "Atividade Metanogênica Específica". CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19, Foz do Iguaçu, de 14 a 19 de setembro de 1997. **Anais.....**Rio de Janeiro-Br: ABES, 1997. p. 754 - 765.
- MONTEGGIA, L. O. **The Use of Specific Methanogenic Activity for Controlling Anaerobic Reactors**. Newcastle: University of Newcastle Upon Tyne. England, 1991, 307f. Tese (Doutorado).
- MONTEGGIA, L. O., BEAL, L. L. Avaliação da Biomassa Anaeróbia Baseada no Teste de Atividade Metanogênica Específica In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6, Florianópolis, 12 a 16 de junho de 1994. **Anais....** Rio de Janeiro-Br: ABES, 1994. p. 19-25, 2v.
- OWEN, W. F., STUCKEY, D. C., HEALEY Jr., J. B., YOUNG, L.Y., McCARTY, P. L. Bioassay for Monitoring Biochemical Methane Potential and Anaerobic Toxicity. **Water Research**, 1979, v. 13, p. 485-492.
- SOARES, H. M., HIRATA, Y. S. Práticas de Laboratório. CURSO DE TRATAMENTO BIOLÓGICO DE RESÍDUOS, 3, Florianópolis - 30 de junho a 11 de julho de 1997. **Anais....** Florianópolis-Br, 1997. p.13.
- SOUBES, M.. Microbiologia de La Digestion Anaeróbia. TALLER E SEMINARIO LATINOAMERICANO, 3. **"Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales."** Montevideo-Uruguay, 1994, p. 15 - 27.
- STANDARD METHODS for the examination of water and wastewater. 19 ed. Washington. APHA, 1995.
- VALÉRIO, M. C. C. **Utilização de Acetato em Lodos Anaeróbios como Medida da Atividade**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1994. 51f. Dissert. (mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial).