



II-150 - AVALIAÇÃO DO TEMPO DE DIGESTÃO ANAERÓBIA DE LODO EM ESCALA DE BANCADA

Luciano Dias Xavier⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Químico pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Campus Nilópolis. Mestrando em Engenharia Ambiental pela Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

João Paulo Garuzi Luz Machado

Técnico em Meio Ambiente pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, RJ.

Magali Christe Cammarota

Engenheira Química. D.Sc. em Bioquímica. Professor Associado do Departamento de Engenharia Bioquímica. Escola de Química, UFRJ

Lídia Yokoyama

Engenheira Química. D.Sc. em Química. Professor Associado do Departamento de Processos Inorgânicos. Escola de Química, UFRJ

Isaac Volschan Junior

Engenheiro Civil. D.Sc., Professor Associado do Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente - Escola Politécnica/UFRJ

Endereço⁽¹⁾: Av. Athos da Silveira Ramos, nº 149, Centro de Tecnologia - Laboratório de Tratamento de Águas e Reúso de Efluentes (LabTare), Bloco I, sala 124 - Cidade Universitária - Rio de Janeiro - RJ - CEP: 21941-909 - Brasil - Tel: +55 (21) 2562-7346 - e-mail: ldx1982@poli.ufrj.br.

RESUMO

A digestão anaeróbia é um processo anaeróbio utilizado na redução do conteúdo orgânico presente no lodo gerado em estações de tratamento de esgotos, ocasionando também a redução de volume do lodo e a geração de biogás rico em metano. Este trabalho teve como objetivo promover a digestão anaeróbia, em escala de bancada, visando a determinação do tempo necessário para redução de 50% dos sólidos em suspensão voláteis de uma amostra de lodo proveniente do tratamento por Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) do Centro Experimental de Saneamento Ambiental da UFRJ. Avaliou-se a composição do biogás formado e a solubilização de nutrientes na fase líquida através da aplicação de uma metodologia alternativa à Atividade Metanogênica Específica (AME). Os experimentos realizados em escala de bancada forneceram importantes dados para a partida e operação de um digestor anaeróbio em escala piloto. Neste digestor foi possível verificar o tempo de retenção de sólidos, assegurando a degradação de cerca de 50% de sólidos em suspensão voláteis no reator no tempo de 30 dias. Os resultados alcançados permitiram avaliar a produção de biogás, sendo verificado que mais de 80 % da sua composição é formada por metano. Foi avaliada também a solubilização de fosfato presente no lodo, assim como o nível de amonificação decorrente do processo anaeróbio. A metodologia utilizada serviu como forte instrumento de pesquisa para o dimensionamento de digestores anaeróbios.

PALAVRAS-CHAVE: Digestão Anaeróbia, Lodo, Tempo de Digestão.

INTRODUÇÃO

No Brasil, já é comumente empregada a digestão anaeróbia, como processo de estabilização do lodo gerado nos processos secundários aeróbios de Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs). Durante a digestão anaeróbia, diversas classes de organismos estão envolvidas no processo. Dentre elas, destacam-se os organismos anaeróbios e facultativos, que promovem a assimilação e destruição simultânea de substâncias orgânicas complexas presentes no lodo, através de reações bioquímicas. Associada ao processo anaeróbio, observa-se a ocorrência de fenômenos de liquefação, gaseificação e adensamento que reduzem o volume do lodo ao final do processo. As correntes líquidas do tratamento, especificamente o sobrenadante da digestão anaeróbia, podem conter elevados teores de fósforo na forma solúvel e/ou sólidos suspensos coloidais finamente distribuídos. Além disso, no processo de digestão anaeróbia, o fósforo sofre uma transferência da



fase sólida (lodo) para a fase líquida, enriquecendo sua composição no sobrenadante do digestor (JORDÃO & PESSÔA, 2011).

Segundo Chernicharo (2007), a digestão anaeróbia pode ser considerada como a conversão de matéria orgânica complexa em metano, gás carbônico, água, gás sulfídrico e amônia, além de novas células bacterianas, por um consórcio microbiano. O processo de digestão anaeróbia envolve diferentes estágios de interação entre os substratos e os grupos de bactérias. O processo pode ser subdividido em quatro fases principais: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. Na hidrólise, a matéria orgânica complexa é convertida em materiais mais simples, pela ação de exoenzimas produzidas por bactérias fermentativas hidrolíticas. Na acidogênese, os produtos solúveis oriundos da fase anterior são metabolizados no interior de bactérias fermentativas, sendo convertidos em diversos compostos mais simples, como ácidos graxos voláteis, que são excretados. Na acetogênese, bactérias oxidam os produtos gerados na fase acidogênica em substratos apropriados para as arqueas metanogênicas, fazendo parte, assim, de um grupo metabólico intermediário. A etapa final do processo é efetuada pelas arqueas metanogênicas, que são divididas em dois grupos principais em função de sua afinidade com diferentes substratos: as acetoclásticas, que utilizam ácido acético ou metanol na produção de metano, e as hidrogenotróficas, que utilizam hidrogênio e dióxido de carbono na formação de metano.

Digestores anaeróbios convencionais são utilizados preferencialmente para a estabilização de lodos com elevada concentração de material particulado. A etapa de hidrólise deste material pode se tornar a etapa limitante de todo o processo de digestão anaeróbia. A taxa de hidrólise é afetada por diversos fatores, podendo-se destacar: temperatura, tempo de residência, composição do substrato e tamanho das partículas. No intuito de otimizar a hidrólise do material particulado, os digestores anaeróbios convencionais podem ser aquecidos, sendo usual a operação em temperaturas na faixa de 25 a 35 °C. A fase de hidrólise processa-se muito lentamente quando os digestores são operados a temperaturas inferiores a 20 °C (CHERNICHARO, 2007).

Este trabalho teve como objetivo promover a digestão anaeróbia em escala de bancada visando a determinação do tempo necessário para a redução de 50% dos sólidos em suspensão voláteis de uma amostra de lodo proveniente do tratamento por Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). Além disso, avaliou-se a composição do biogás formado e a solubilização de nutrientes na fase líquida através da aplicação de uma metodologia alternativa à Atividade Metanogênica Específica (AME) de Chernicharo (2007).

MATERIAIS E MÉTODOS

A Atividade Metanogênica Específica (AME) do lodo é um importante parâmetro de controle em processos de digestão anaeróbia, possibilitando alcançar dados essenciais a serem empregados para a partida e operação de um reator anaeróbio, além de fornecer subsídios para a investigação da necessidade de suplementação de nutrientes e acúmulo de sólidos em suspensão (PENA, 1994).

Utilizou-se uma metodologia adaptada da AME de Chernicharo (2007). A amostra de lodo foi homogeneizada sob agitação e incubada em frascos tipo penicilina de 100 mL com volume útil de 90 mL (utilizou-se 10 mL de *headspace*). Promoveu-se a purga do oxigênio dissolvido na amostra de lodo, através do borbulhamento de gás nitrogênio no meio por cerca de 3 minutos. Em seguida, garantindo lacrou-se os frascos com batoques de borracha e lacres de alumínio, garantindo-se a manutenção do ambiente anaeróbio no interior dos frascos.

Os frascos penicilina foram deixados em uma sala climatizada a 30 °C. Uma seringa era inserida nos selos de borracha dos frascos, para, através da expansão do êmbolo, ser possível medir o volume de biogás formado no interior dos frascos. À medida que a seringa era preenchida pelo gás, outras seringas eram inseridas. Duas vezes por semana eram sacrificados três frascos de penicilina para realização das análises laboratoriais, como por exemplo, a análise da composição do gás, através de cromatografia gasosa em relação a metano, dióxido de carbono e outros gases (figura 1).



Figura 1 – Frascos penicilina de 100mL usados nos ensaios de digestão anaeróbia do lodo para avaliar o volume e composição do gás gerado e a redução de sólidos.

Durante todas as fases do teste, foram analisados os parâmetros de sólidos totais, sólidos em suspensão totais, fixos e voláteis, fósforo solúvel e total, nitrogênio amoniacal e total, carbono orgânico total. As técnicas analíticas utilizadas seguiram os procedimentos recomendados pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

Finalizados os ensaios em bancada, definiu-se, com base no tempo de retenção hidráulica indicado na digestão anaeróbia em escala de bancada, o delineamento experimental das etapas a serem conduzidas em escala piloto.

RESULTADOS

Observou-se que os sólidos presentes no lodo se encontravam preferencialmente na forma de sólidos suspensos voláteis. Após a primeira semana de incubação dos frascos penicilina a 30°C percebeu-se uma queda acentuada nos valores de sólidos (em torno de 29 %), que começaram a reduzir mais lenta com o passar do tempo (figura 2). Foi alcançada uma redução da ordem de 50 % de redução de sólidos suspensos voláteis aos 30 dias de digestão. Assim, em virtude de se considerar estes resultados experimentais satisfatórios, este valor foi adotado como tempo de digestão para os ensaios em escala piloto.

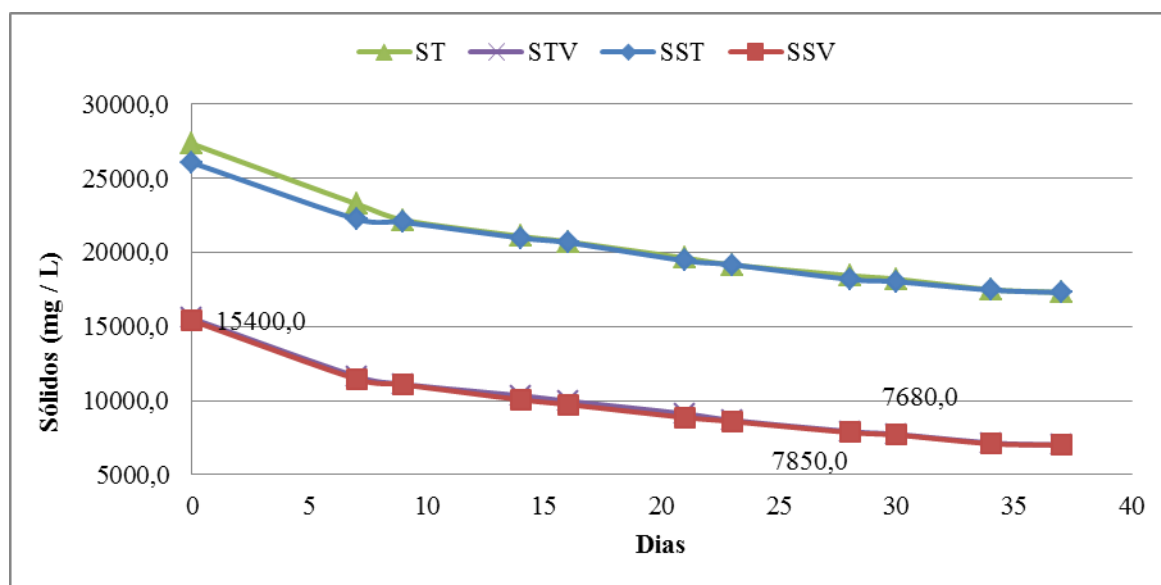


Figura 2 - Remoção de sólidos ao longo do tempo nos frascos penicilina.

A análise de fósforo total na amostra bruta indicou uma concentração de 156,35 mg/L. A figura 3 apresenta os resultados de fósforo solúvel, na qual percebe-se que para o tempo de 30 dias a fase líquida apresentava uma

concentração de 98,38 mg/L, representando uma solubilização de 63% da fração total. Percebeu-se também uma taxa crescente de amonificação na fase líquida, sendo o nitrogênio amoniacal a forma majoritária de nitrogênio no meio reacional.

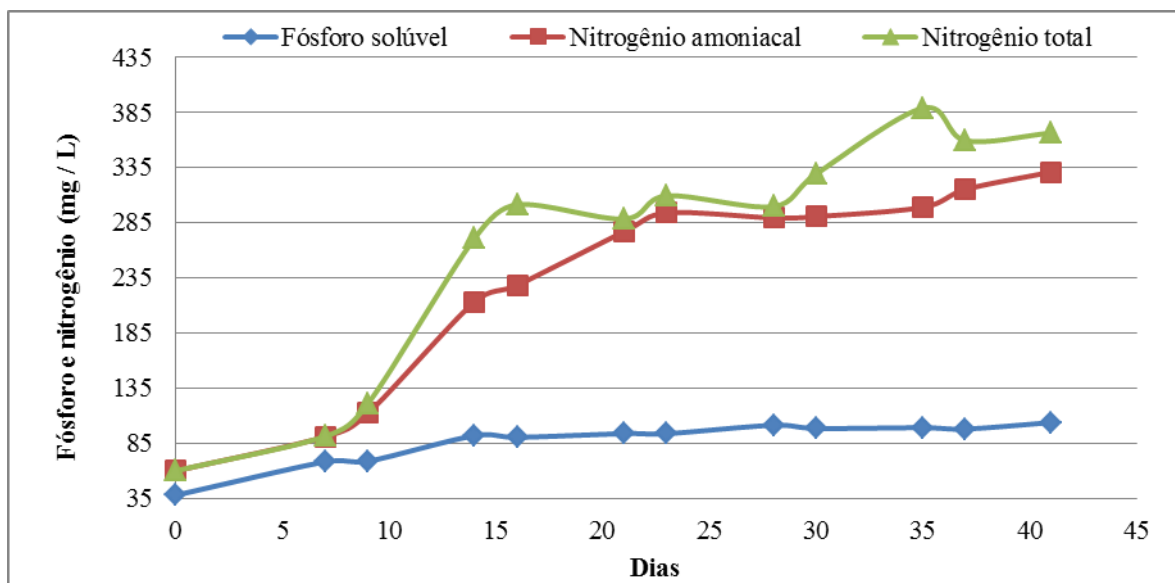


Figura 3 – Nutrientes na fase líquida ao longo do tempo de incubação nos frascos penicilina.

Através da análise de carbono ao longo do tempo de incubação pode-se observar o aumento das frações total, orgânica e inorgânica na fase líquida com o tempo. Todavia, é importante mencionar que o aumento gradativo de carbono nas frações, especialmente de carbono inorgânico, pode ser atribuído ao processo de digestão, onde a atuação de diferentes tipos de microrganismos sobre o substrato em questão promove a transformação de compostos orgânicos complexos em massa celular e produtos mais simples como metano e dióxido de carbono, que são responsáveis por elevar o conteúdo de carbono orgânico e inorgânico na fase líquida das amostras contidas nos frascos penicilina (Figura 4) (ANDREOLI et al., 2001; CHERNICHARO, 2007).

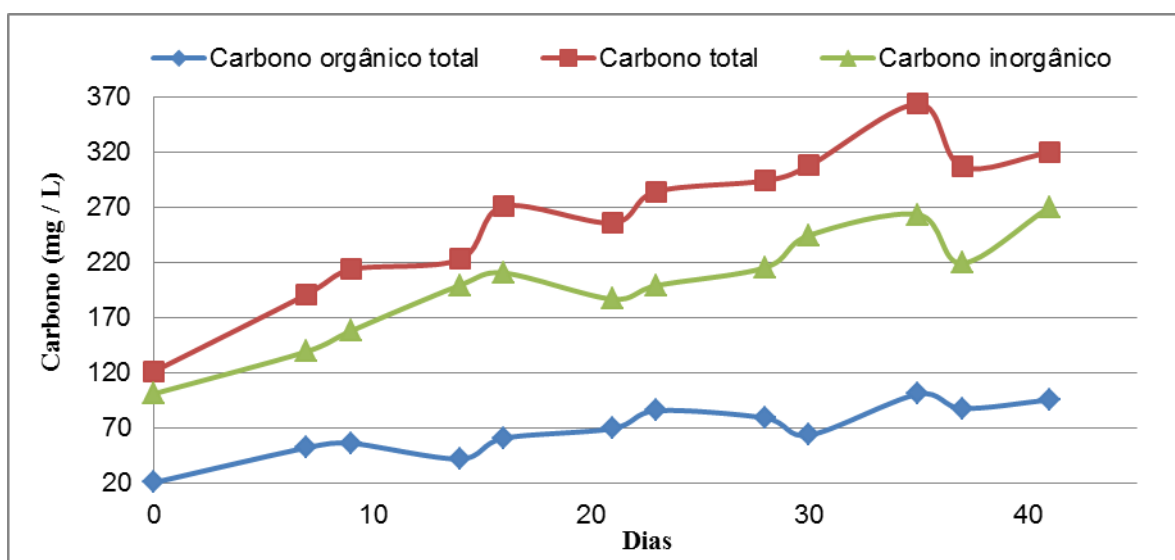


Figura 4 – Carbono presente na fase líquida ao longo do tempo de incubação nos frascos penicilina.

A Figura 5 apresenta a composição do biogás formado durante o acompanhamento do processo de digestão. Observa-se que o volume de metano ao fim de 30 dias representa 80,21 % da composição volumétrica do gás gerado.

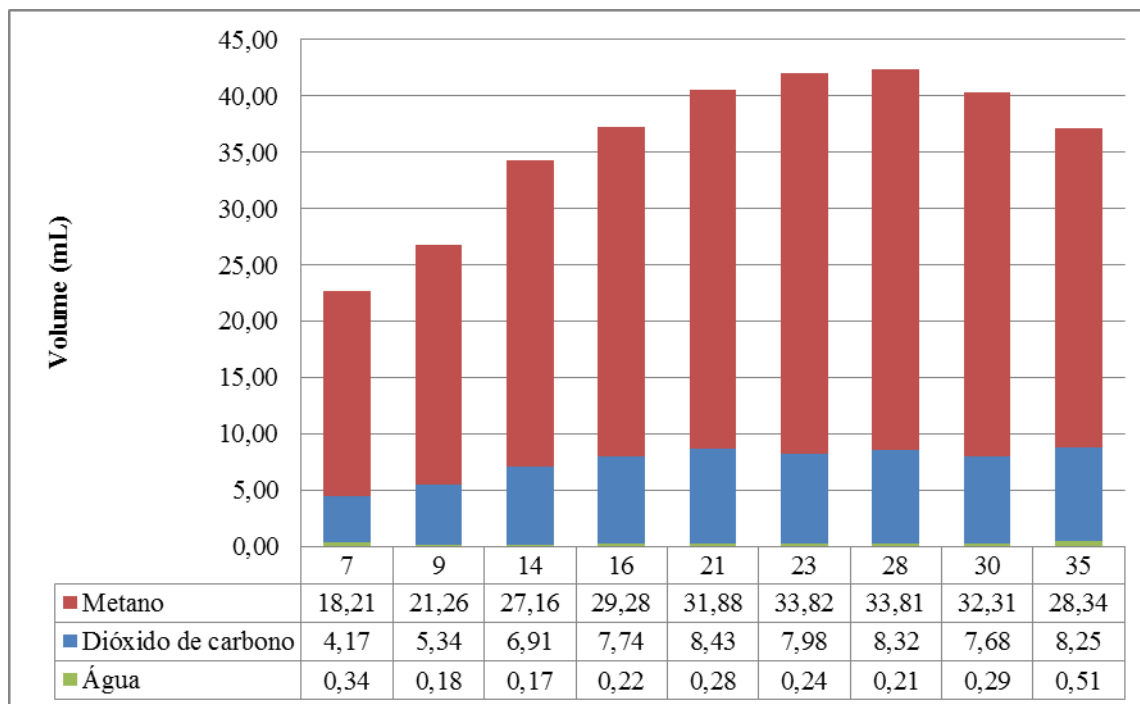


Figura 5 – Composição do biogás gerado ao longo do tempo de incubação nos frascos penicilina.

CONCLUSÕES

Os experimentos realizados em escala de bancada forneceram importantes dados para a partida e posterior operação do digestor anaeróbio piloto. Foi possível avaliar que um tempo de retenção de sólidos de 30 dias deve assegurar a degradação de cerca de 50% de sólidos em suspensão no digestor.

Os resultados alcançados permitiram avaliar de que ordem será a produção de biogás, além de fornecer indícios do seu posterior aproveitamento como fonte energética para a planta de tratamento. Outras verificações possíveis através dos resultados foram a avaliação da solubilização do fósforo presente no lodo, assim como o nível de amonificação, decorrentes do processo anaeróbio. A metodologia utilizada serviu como forte instrumento de pesquisa para o dimensionamento de digestores anaeróbios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, vol. 6, DESA, Editora UFMG, 2001.]
2. APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21 ed. APHA/AWWA/WEF. Washington, USA. 1368 p., 2005.
3. CHERNICHARO, C. A. L. Reatores Anaeróbios. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, vol. 5, 2ª edição, DESA, Editora UFMG, 2007.
4. JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 6ª Edição. Rio de Janeiro, 2011.
5. PENA, J. A. Estudo da metodologia do teste de atividade metanogênica específica. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos. 1994.