



II-177 – INFLUÊNCIA DO DESCARTE DO LODO NA EFICIÊNCIA DE REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE TRATANDO ESGOTO DOMÉSTICO

Renata Travençoli Alessio⁽¹⁾

Farmacêutica e Bioquímica pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Especialista em Microbiologia pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Lara Steil⁽²⁾

Bióloga pela Universidade Federal de São Carlos. Mestre em Biotecnologia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Analista Ambiental do Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (PREVFOGO/IBAMA).

Karina Querne de Carvalho⁽³⁾

Engenheira Civil pela Universidade Estadual de Maringá. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente da Coordenação de Ambiental do campus Campo Mourão da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Endereço⁽³⁾: BR 369 - km 0,5, Vila Carolo – Campo Mourão - Paraná - CEP: 87301-006 - Brasil - Tel: + 55 (44) 3523-4156 (ramal 229) – Fax: + 55 (44) 3523-4156 – e-mail: kaquerne@gmail.com

RESUMO

Esse artigo apresenta um estudo sobre a importância do ensaio de atividade metanogênica específica (AME) na avaliação da eficiência de um reator anaeróbico de manta de lodo e fluxo ascendente (RALF) e que a não realização da descarga de lodo acumulado no RALF pode provocar queda em sua eficiência de remoção de matéria orgânica.

Para este estudo foram utilizadas amostras de lodo de três reatores RALF de uma Estação de Tratamento de Esgotos - R1, R4 e R9 - em escala real (2.000 m³), operados com vazão média afluente de 1.120 L/s, tempo de detenção hidráulica de 8 h e mantidos à temperatura ambiente. Concentrações de matéria orgânica (Demanda Química de Oxigênio) e sólidos totais (fixos e voláteis) foram determinadas nas amostras de lodo dos reatores antes e após a AME de acordo com APHA (2005). Ensaio de AME foram realizados com frascos Kitasato de acordo com Aquino *et al.* (2007).

O volume produzido de gás metano nos frascos foi medido por deslocamento da coluna de água. Com os ensaios da AME e as determinações físico-químicas, foi possível verificar melhores resultados para produção de metano (24,5±16,5 mL/d) e conversão de DQO (26,5%) no R4 e R9, devido à menor concentração de sólidos fixos e melhor adaptação do lodo em função das datas dos descartes realizados, respectivamente. Além disso, foi possível concluir que o ensaio da AME pode auxiliar no monitoramento de RALFs, pois indica a eficiência de conversão da DQO em gás metano e biomassa ativa.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo anaeróbico, Digestão Anaeróbia, Atividade Metanogênica Específica, UASB.

INTRODUÇÃO

A organização filogenética dos seres vivos está separada em três Domínios: *Bacteria*, *Archaea* e *Eukarya*. Os dois primeiros compreendem os seres procariontes e o terceiro, os formados por células eucarióticas. A semelhança entre os Domínios *Bacteria* e *Archaea* encontra-se na organização celular e vias metabólicas, mas, molecular e geneticamente aproxima-se mais do Domínio *Eucarya* (AISSE, 2001).

As arqueias são classificadas de acordo com seu metabolismo e fisiologia em: metanogênicas, hiperhalófilas e hipertermófilas (ANDRADE NETO & CAMPOS, 1999). No grupo das metanogênicas encontram-se microrganismos anaeróbios obrigatórios e altamente redutores de hidrogênio, com potenciais de oxi-redução na ordem de 300 mV. A característica mais relevante deste grupo está diretamente relacionada com sua capacidade de produzir gás metano a partir do grupo metil do ácido acético ou da combinação de hidrogênio e dióxido de carbono, que podem ser provenientes de vários substratos específicos, tais como formiato,



monóxido de carbono, metanol, 2-propanol, aminas metiladas, dimetilsulfeto, metilmercaptanas (AISSE, 2001).

As arqueias metanogênicas estão amplamente distribuídas no ambiente, embora sejam anaeróbias obrigatórias e necessitem de condições específicas para seu crescimento. Esses microrganismos podem ser encontrados em pântanos, gêiseres e sistemas de tratamento de resíduos como biodigestores e aterros sanitários (AISSE, 2001).

As arqueias metanogênicas são responsáveis pela degradação final dos resíduos líquidos nos biodigestores. Os substratos necessários para a metanogênese são produzidos em etapas anteriores da digestão anaeróbia primeiramente pelas bactérias fermentativas hidrolíticas que, através de exoenzimas, promovem a quebra de materiais particulados complexos, em materiais dissolvidos mais simples, para que os mesmos possam atravessar as paredes celulares das bactérias fermentativas acidogênicas, que por sua vez, converte os produtos solúveis da fase anterior em acetato, hidrogênio, dióxido de carbono, ácidos orgânicos de cadeia curta, aminoácidos e outros produtos, tais como glicose (AQUINO *et al.*, 2007).

As bactérias acetogênicas produtoras de hidrogênio convertem os produtos gerados pelo segundo grupo (aminoácidos, açúcares, ácidos orgânicos e alcoóis) em acetato, hidrogênio e dióxido de carbono, sendo esses produtos extremamente necessários para produção de gás metano.

De maneira geral, os esgotos sanitários possuem mais de 98% de sua composição constituída por água. Porém existem contaminantes em sua composição, dentre os quais se destacam: sólidos suspensos, compostos orgânicos (proteínas: 40% a 60%; carboidratos: 25% a 50%; e óleos e graxas: 10%), nutrientes (nitrogênio e fósforo), metais, sólidos dissolvidos inorgânicos, sólidos inertes, sólidos grosseiros, compostos não biodegradáveis, fenóis, detergentes, organismos patogênicos e, ocasionalmente, contaminantes tóxicos decorrentes de atividades industriais ou acidentais (CHERNICHARO, 1997; KATO *et al.*, 1999).

Nos processos biológicos, as reações químicas ocorrem com interferência de microrganismos que participam ativamente na conversão da matéria orgânica em biomassa ativa. Os constituintes do esgoto afluyente são alimento para os microrganismos, que os processam por meio de reações diversas de seu metabolismo, resultando em efluentes mais clarificados e com menores concentrações de poluentes e às vezes subprodutos, tais como gases dissolvidos e lodo biológico que devem ser separados da fração líquida (POETSCH & KOETZ, 1998).

Os processos biológicos podem ocorrer na presença ou ausência de oxigênio, ou seja, em ambientes aeróbios e anaeróbios. Os reatores anaeróbios são unidades de tratamento biológico nas quais os esgotos sanitários são tratados na ausência de oxigênio livre (ambiente anaeróbio), ocorrendo formação de biomassa anaeróbia (lodo anaeróbio). Quando ocorre o processo de digestão anaeróbia, 100% da matéria orgânica presente nos esgotos sanitários é convertida em aproximadamente 60% a 70% de biogás (metano e gás carbônico), 20% em lodo e a parte restante (remanescente) continua presente no esgoto tratado. Essa parte pode conter fração inerte ou mesmo orgânica, porém de difícil degradação (POETSCH & KOETZ, 1998).

Os sólidos presentes nos esgotos sanitários podem sedimentar no fundo de reatores anaeróbios, formando uma camada denominada manto de lodo. Com o passar do tempo de operação dos reatores anaeróbios, há acúmulo de sólidos no manto de lodo que devem ser removidos para não influenciarem na eficiência de tratamento dessas unidades. A eficiência pode ser comprometida com a redução do volume útil dos biodigestores fazendo com que o tempo de detenção hidráulica do reator diminua, não permitindo assim o contato do esgoto afluyente com a manta de lodo presente no reator.

O teste de atividade microbiana pode ser utilizado como análise de rotina, para quantificar a atividade metanogênica de lodos anaeróbios, avaliar o comportamento das biomassas sob efeito de compostos potencialmente inibidores, estabelecer o grau de degradabilidade de um efluente com base na atividade já determinada do lodo, monitorar mudanças de atividade do lodo devido à 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 aceleração do processo de partida de sistemas de tratamento e avaliar parâmetros cinéticos (CHERNICHARO, 1997).



A justificativa do presente trabalho foi avaliar a atividade metanogênica do lodo de 3 reatores anaeróbios de fluxo ascendente (RALF) em escala real (2.000 m³) por determinação da produção de gás metano. Os reatores fazem parte de um sistema de tratamento da cidade de Curitiba-Paraná, em operação desde o ano de 2.000.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para avaliar a atividade metanogênica específica do lodo anaeróbio e a produção de gás metano, foram coletadas amostras de lodo de 3 reatores anaeróbios de fluxo ascendente pertencentes a uma Estação de Tratamento de Esgotos na cidade de Curitiba – Paraná.

O esgoto bruto, proveniente de um bairro de classe média baixa com população de aproximadamente 100.585 pessoas, é recalcado à ETE através de uma elevatória. Na ETE, o esgoto bruto é encaminhado para o tratamento preliminar composto por gradeamento, desarenador e calha Parshall para remoção de sólidos grosseiros e areia e medição da vazão, respectivamente.

O efluente do tratamento preliminar é, por sua vez, encaminhado para o tratamento biológico composto por 16 reatores anaeróbios de leito fluidificado (RALF) dispostos em quatro linhas contendo quatro reatores em cada uma. Cada RALF possui formato paralelepipedal com altura de 4,55 m, comprimento e largura de 21,00 m e volume total de 2.008 m³. Os reatores são operados com vazão média afluenta de 70 L/s e tempo de detenção hidráulica de 8h.

O lodo gerado nos reatores anaeróbios é encaminhado para um adensador e posteriormente para prensas desaguadoras para remoção do excesso de umidade. O lodo parcialmente seco proveniente das prensas é encaminhado para um pátio onde é feita adição de cal para eliminação de organismos patogênicos, possibilitando sua disposição final na agricultura.

As amostras de lodo foram coletadas uma vez por semana do manto de lodo dos reatores R1, R4 e R9, que tiveram últimos descartes de lodo em 27/09/2007, 07/11/2007 e 10/07/2007, respectivamente. A escolha dos reatores foi feita para que fossem coletadas amostras de lodo de diferentes alturas e em três estágios de adaptação dos reatores. A partida dos reatores, em operação desde o ano 2000, foi feita apenas com esgoto bruto, sem pré-inoculação com lodo de outros sistemas de tratamento.

Foram realizadas análises físico-químicas e ensaios de atividade metanogênica específica para avaliar a eficiência do tratamento do afluenta (esgoto bruto) dos reatores anaeróbios a partir da degradação da matéria orgânica e monitorar a provável diminuição da eficiência do reator em razão do aumento da concentração de sólidos fixos presentes no lodo.

Os parâmetros físico-químicos analisados no lodo, seus respectivos métodos e bibliografia utilizada estão apresentados na Tabela 1. As análises físico-químicas foram realizadas com o objetivo de caracterizar o lodo coletado a ser utilizado nos ensaios de atividade metanogênica específica AME, podendo assim comparar os valores obtidos antes e após a realização dos ensaios.

Tabela 1. Parâmetros analisados, seus respectivos métodos e metodologia utilizada.

Parâmetros	Métodos de Análise	Método N°	Referência
DQO (gO ₂ /L)	Espectrofotométrico	5220_D	APHA, 2005
Sólidos Totais (g/L)	Gravimétrico	2540_E	APHA, 2005
Sólidos Totais Voláteis (g/L)	Gravimétrico	2540_E	APHA, 2005

As amostras de lodo dos reatores R1, R4 e R9 foram submetidas a ensaios de atividade metanogênica específica (AME), com base na metodologia descrita por (VAZOLLER *et al.*, 1999; VON SPERLING, 1996; TORTORA *et al.*, 2000). Esses ensaios foram realizados com o objetivo de demonstrar a produção de biogás pelas arqueias metanogênicas presentes no lodo e relacionar essa produção com a quantidade de sólidos totais voláteis presentes em cada amostra.

As amostras de lodo foram coletadas nos dias 15, 21 e 29 de janeiro de 2008, 12, 18 e 26 de fevereiro de 2008, 03, 11, 17, 25 e 31 de março de 2008, 08, 14 e 22 de abril de 2008, das 09:00 h às 10:00 h da manhã dos reatores R1, R4 e R9, respectivamente.

As determinações das concentrações de sólidos totais (fixos e voláteis) e da demanda química de oxigênio (DQO) foram realizadas com amostras de lodo do R1, R4 e R9 antes e após a realização da AME, segundo metodologias propostas pela APHA (2005).

Para realização dos ensaios de atividade metanogênica foi feita montagem de um aparato experimental (Figura 1) composto por 3 frascos de Kitasato – frascos reatores - contendo 500 mL de lodo do R1, R4 e R9 e 120 mL de *headspace*. Não foi feita purga do O_2 presente no *headspace*, pois este representou menos de 25% do volume da amostra. Os frascos reatores foram vedados com rolha de borracha.



Figura 1. Aparato experimental para a realização do ensaio da AME.

Cada frasco reator foi conectado a um frasco de Kitasato, por mangueira de silicone, contendo solução de NaOH (v/v 5%). A solução de hidróxido de sódio foi utilizada como sequestrante dos gases dióxido de carbono (CO_2) e sulfídrico (H_2S) presentes no biogás para que apenas a produção do gás metano fosse medida por deslocamento da coluna do líquido.

Por sua vez, os frascos de Kitasato contendo a solução de NaOH foram conectados por mangueiras de silicone a dispositivos de medição da produção de gás metano. Esses dispositivos eram compostos por béqueres e provetas invertidas contendo água destilada. Com o fluxo de microbolhas resultantes da passagem do biogás pelos frascos de Kitasato (contendo a solução de NaOH) para o interior das provetas invertidas ocorre deslocamento da água destilada das provetas para os béqueres, o que possibilita a medição do volume de gás metano produzido que passa a ocupar o volume antes preenchido com água destilada no interior da proveta.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos para as concentrações de sólidos totais, fixos e voláteis correspondem ao período de 15 de janeiro de 2007 a 22 de abril de 2008.

Os resultados das concentrações de sólidos totais, sólidos totais voláteis, sólidos totais fixos, relação SV/ST, DQO e volume de metano produzido nas amostras de lodo dos reatores R1, R4 e R9 são apresentados na Tabela 2.



Tabela 2. Resumo dos resultados obtidos para concentração de sólidos totais, sólidos totais voláteis, sólidos totais fixos, relação SV/ST, DQO e volume de metano produzido nos reatores R1, R4 e R9 antes e após o ensaio da AME.

Parâmetros	Pré-AME					Pós-AME			
R1	N	M	DP	Min	Máx	M	DP	Min	Máx
sólidos totais (g/L)	13	13,6	6,3	7,0	29,1	13,0	6,3	5,1	26,1
sólidos voláteis (g/L)	13	8,7	6,0	4,3	23,7	8,8	6,0	2,5	20,9
sólidos fixos (g/L)	13	4,9	4,4	2,6	9,0	4,4	1,6	1,3	7,0
SV/ST	13	0,6	0,1	0,4	0,8	0,7	0,2	0,4	1,2
DQO (g/L)	13	65,1	51,7	7,4	156,8	57,2	32,7	19,9	109,0
volume de CH ₄ (mL/d)	13	-	-	-	-	12	10	0	31
R4	N	M	DP	Min	Máx	M	DP	Min	Máx
sólidos totais (g/L)	13	7,6	4,4	0,6	19,7	10,0	5,4	2,5	21,6
sólidos voláteis (g/L)	13	4,7	3,6	1,5	15,2	6,3	4,9	1,3	17,6
sólidos fixos (g/L)	13	3,5	1,0	1,3	5,5	0,5	0,8	0,5	7,0
SV/ST	13	0,5	0,1	0,3	0,8	0,6	0,1	0,5	0,8
DQO (g/L)	13	39,4	21,7	14,3	76,8	39,6	43,0	9,9	162,3
volume de CH ₄ (mL/d)	13	-	-	-	-	25	16	0	46
R9	N	M	DP	Min	Máx	M	DP	Min	Máx
sólidos totais (g/L)	13	11,1	4,4	5,8	22,9	10,4	6,6	4,1	28,3
sólidos voláteis (g/L)	13	8,0	3,5	3,2	14,5	7,6	6,3	2,7	23,7
sólidos fixos (g/L)	13	7,9	3,6	3,2	14,5	7,6	6,3	2,7	23,7
SV/ST	13	0,7	0,2	0,4	1,2	0,7	0,1	0,5	0,8
DQO (g/L)	13	61,7	80,6	8,5	289,9	42,4	31,6	13,7	123,4
volume de CH ₄ (mL/d)	13	-	-	-	-	24	17	0	46

Legenda: N: número de amostras; M: média aritmética; DP: desvio padrão; Min: valor mínimo; Máx: valor máximo.

É possível observar na Tabela 2 que as concentrações médias de sólidos totais (ST), sólidos totais voláteis (STV) e fixos (STF) resultaram em $13,6 \pm 6,3$ g/L, $8,7 \pm 6,0$ g/L e $4,9 \pm 4,4$ g/L nas amostras de lodo do reator R1 antes da AME. A relação SV/ST resultou em $0,6 \pm 0,1$.

Para as amostras de lodo do mesmo reator após a AME, as concentrações médias de sólidos totais, sólidos totais voláteis e sólidos totais fixos resultaram em $13,0 \pm 6,3$ g/L, $8,8 \pm 6,0$ g/L e $4,4 \pm 1,6$ g/L. A relação SV/ST resultou em $0,7 \pm 0,2$. A relação SV/ST aumentou em aproximadamente 14% após os ensaios da AME, o que pode indicar a maior conversão da DQO em biomassa ativa. Os valores médios de DQO resultaram em $65,1 \pm 51,7$ gO₂/L e $57,2 \pm 32,7$ gO₂/L nas amostras de lodo do R1 antes e depois dos ensaios da AME, respectivamente. O volume de gás metano produzido nas amostras de lodo após os ensaios da AME resultou em 12 ± 10 mL/d.

As concentrações médias de ST, STV e STF resultaram em $7,6 \pm 4,4$ g/L, $4,7 \pm 3,6$ g/L e $3,5 \pm 1,0$ g/L nas amostras de lodo do reator R4 antes dos ensaios da AME, respectivamente. Para as amostras de lodo do mesmo reator após a AME, as concentrações médias de sólidos totais, sólidos totais voláteis e sólidos totais fixos resultaram em $10,0 \pm 5,4$ g/L, $6,3 \pm 4,9$ g/L e $0,5 \pm 0,8$ g/L. A relação SV/ST resultou em $0,5 \pm 0,1$ e $0,6 \pm 0,1$ para as amostras de lodo antes e depois dos ensaios da AME. A relação SV/ST aumentou em aproximadamente 10% após os ensaios da AME, o que pode indicar a maior conversão da DQO em biomassa ativa. Os valores médios de DQO resultaram em $39,4 \pm 21,7$ gO₂/L e $39,6 \pm 43,0$ gO₂/L nas amostras de lodo do R4 antes e depois dos ensaios da AME, respectivamente. O volume de gás metano produzido nas amostras de lodo após os ensaios da AME resultou em 25 ± 26 mL/d.

As concentrações médias de ST, STV e STF resultaram em $11,1 \pm 4,4$ g/L, $8,0 \pm 3,5$ g/L e $7,9 \pm 3,6$ g/L nas amostras de lodo do reator R9 antes dos ensaios da AME, respectivamente. Para as amostras de lodo do

mesmo reator após a AME, as concentrações médias de sólidos totais, sólidos totais voláteis e sólidos totais fixos resultaram em $10,4 \pm 6,6$ g/L, $7,6 \pm 6,3$ g/L e $7,6 \pm 6,3$ g/L. A relação SV/ST resultou em $0,7 \pm 0,2$ e $0,7 \pm 0,1$ para as amostras de lodo antes e depois dos ensaios da AME. A relação SV/ST permaneceu inalterada após os ensaios da AME, o que pode indicar a não conversão da DQO em biomassa ativa. Os valores médios de DQO resultaram em $61,7 \pm 80,6$ gO₂/L e $42,4 \pm 31,6$ gO₂/L nas amostras de lodo do R9 antes e depois dos ensaios da AME, respectivamente. O volume de gás metano produzido nas amostras de lodo após os ensaios da AME resultou em 24 ± 17 mL/d.

A Figura 2 apresenta as concentrações de sólidos voláteis (g/L) nas amostras do lodo dos reatores R1, R4 e R9 antes e depois da AME.

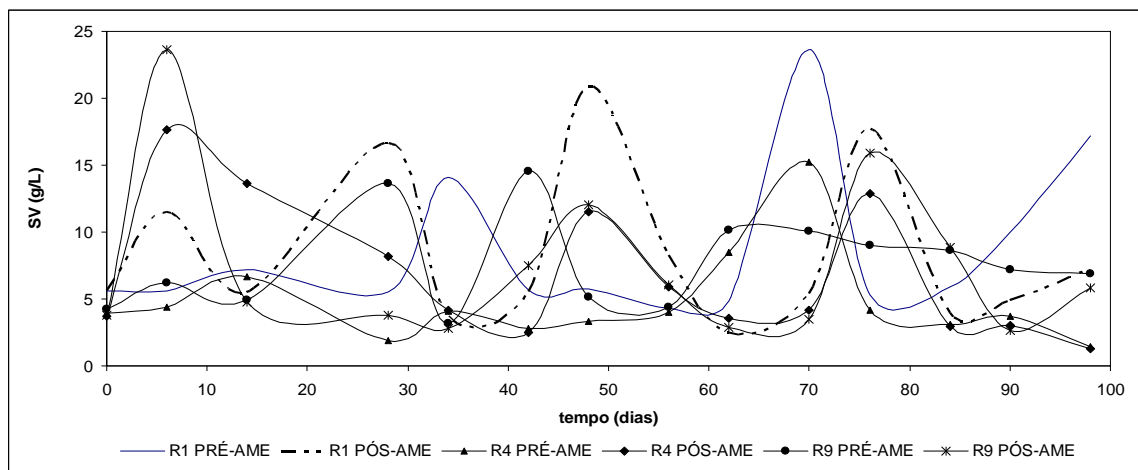


Figura 2. Resultados observados nas amostras de lodo dos reatores R1, R4 e R9 para sólidos voláteis antes e depois da AME.

Foi possível concluir que não houve diferença significativa entre os valores médios observados nas concentrações de sólidos totais, voláteis e fixos nas amostras de lodo dos reatores R1, R4 e R9 antes e depois dos ensaios da AME.

A Figura 3 apresenta as concentrações de DQO (g/L) nas amostras do lodo dos reatores R1, R4 e R9 antes e depois da AME.

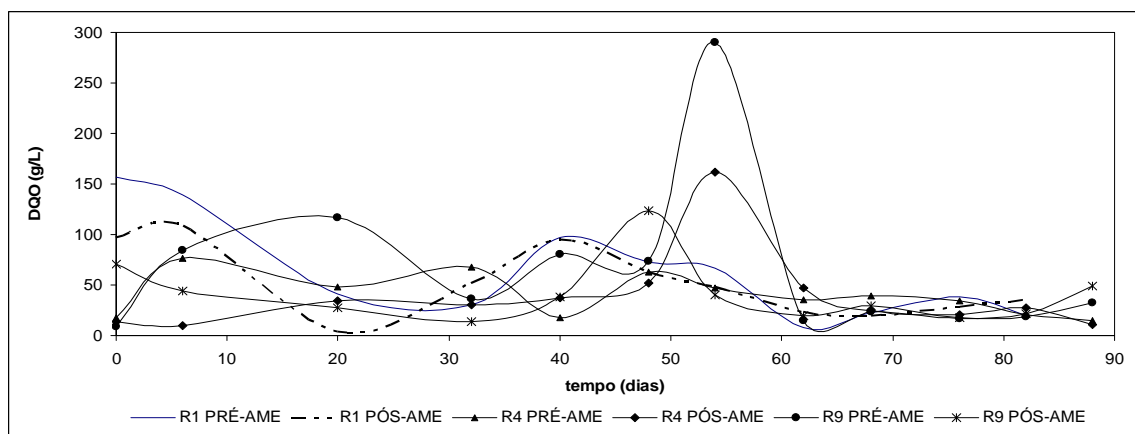


Figura 3. Resultados observados nas amostras de lodo dos reatores R1, R4 e R9 para DQO antes e depois da AME.

Foi possível notar a remoção média de matéria orgânica dos reatores R1, R4 e R9 de aproximadamente 14%, 25% e 45%, respectivamente.

A Figura 4 apresenta a relação entre a produção de metano (mL/d) e a conversão da DQO nas amostras do lodo dos reatores R1, R4 e R9 antes e depois da AME.

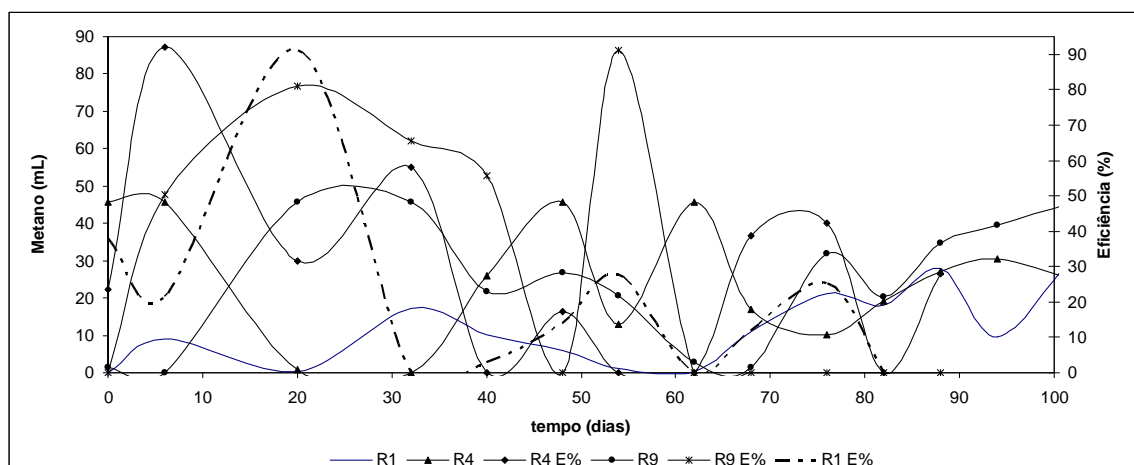
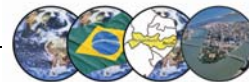


Figura 4. Resultados observados nas amostras de lodo dos reatores R1, R4 e R9 para relação entre a produção de gás metano com a eficiência da remoção de DQO antes e depois da AME.

É possível notar que a produção de metano é diretamente proporcional à taxa de eficiência de conversão da matéria orgânica, pois a DQO é convertida em biomassa ativa.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, foi possível concluir que:

Os resultados obtidos para produção de metano e eficiência de remoção de DQO foram semelhantes nos reatores R4 e R9 com os ensaios da AME, ou seja, 25 ± 16 mL/d e 24 ± 17 mL/d e 26% e 27%, respectivamente. O comportamento do R4 pode ser explicado pela data do último descarte de lodo em 07/11/2007, que contribuiu para menor concentração de sólidos fixos. O desempenho do R9 pode estar relacionado com biomassa ativa adaptada às condições do reator, pois seu último descarte ocorreu em 10/07/2007, o que demonstra que não somente a concentração de sólidos totais, fixos e voláteis interfere na eficiência do reator.

A realização do ensaio de AME é importante para o monitoramento de reatores anaeróbios de manta de lodo e fluxo ascendente, pois com sua realização pôde ser comprovada a eficiência da conversão de DQO em metano (em termos de volume produzido), se a biomassa ativa estiver adaptada ao meio e se existir real necessidade da realização do processo de descarga de lodo.

A não realização do processo de descarga de lodo pode contribuir ou não na melhoria da eficiência do RALF. No caso de R9, a não realização deste procedimento contribuiu para que a eficiência do reator melhorasse, mas o tempo de adaptação da biomassa ativa à nova concentração de substrato foi de quatro meses, o que pode representar um problema para a ETE, uma vez que o efluente deste reator poderá ser descartado sem que tenha ocorrido a devida degradação biológica do esgoto bruto.

Esse dado pode ser comprovado analisando os resultados de R1, que passou pelo processo de descarga em 27/09/2007. Esse reator obteve os piores resultados para produção de metano de 12 ± 10 mL/d e eficiência de remoção de DQO de 21% e melhor resultado para a relação SV/ST, demonstrando que o procedimento de descarga deve ser realizado de dois em dois meses nesse reator para que a biomassa ativa não seja comprometida pelo aumento na concentração de sólidos fixos e conseqüente diminuição de matéria orgânica para os microrganismos.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AISSE, M.M. (2000). Os Esgotos Sanitários. In: AISSE, M.M. Sistemas econômicos de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABES/Projeto PROSAB. cap. 2, p. 25-35.
2. ANDRADE NETO, C.O., CAMPOS, J.R. (1999). Introdução. In: CAMPOS, J.R., coord. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES/Projeto PROSAB. cap. 1, p.6.
3. 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. Revista de Engenharia Sanitária, v.12, n.2, p.192-201, abr.-jun. 2007.
4. CHERNICHARO, C.A.L. (1997). Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeróbios. 1ª ed. Belo Horizonte: DESA/UFGM, v.5, 246 p.
5. KATO, M.T., ANDRADE NETO, C.O., CHERNICHARO, C.A.L., FORESTI, E., CYBIS, L.F. (1999). Configurações de reatores anaeróbios. In: CAMPOS, J.R., coord. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES/Projeto PROSAB. cap. 3, p.55.
6. POETSCH, P.B., KOETZ, P.R. Sistema de determinação da atividade metanogênica específica de lodos anaeróbios. Revista Brasileira de Agrociência, v.4, n.3, p.161-165, set.-dez. 1998.
7. STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER (2005). 21º ed. Amer. Public Health Association/American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, D.C., USA, 1134p.
8. TORTORA, G.J., FUNKE, B.R., CASE, C.L. (2000). Microbiologia. 6ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, p. 827.
9. VAZOLLER, R.F., MANFIO, G.P., CANHOS, V.P. (1999). Diversidade no Domínio Archaea. Coleção Biodiversidade do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.biota.org.br/iRead>. [12 set. 2007].
10. VON SPERLING, M. (1996) Princípio do tratamento biológico de esgotos. In: VON SPERLING, M. Princípios básicos do tratamento biológico de águas residuárias: princípios básicos do tratamento de esgotos. Belo Horizonte: DESA/UFGM, v.2, n.1, cap.1, p. 11-36.