

II-566 - AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS DE DESPRENDIMENTO DE GASES DISSOLVIDOS PARA O CONTROLE DE EMISSÕES DE METANO EM REATORES UASB TRATANDO ESGOTO DOMÉSTICO

Robson Costa da Costa⁽¹⁾

Técnico em Saneamento Ambiental (CEFET-PA). Engenheiro Sanitarista e Ambiental (UFPA). Mestrando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG).

Claudio Leite de Souza

Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Carlos Augusto de Lemos Chernicharo

Professor Associado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Catarina Azevedo Borges

Graduanda do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Bolsista PIBITI/CNPq do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFMG.

Amanda Noronha Moreira de Carvalho

Graduanda do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Bolsista de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq) do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFMG.

Endereço⁽¹⁾: Rua São José, 236 – Bengui – Belém - PA - CEP: 66630-165 - Brasil - e-mail: engrobsonrcc@gmail.com

RESUMO

Os reatores UASB utilizados no tratamento de esgoto doméstico apresentam limitações relacionadas ao gerenciamento dos gases originários em seu processo de tratamento, em especial do metano. Este gás pode ser emitido de forma controlada, a partir dos compartimentos de digestão e do separador trifásico, ou liberado de forma descontrolada a partir do próprio efluente líquido desses reatores. Dessa forma, este composto gasoso (CH_4) dissolvido em efluentes de reator UASB necessita de investigações com vistas a se buscar soluções para o controle da emissão deste gás, uma vez que os entraves concernentes ao metano, sobretudo, se relacionam com a minimização de fugas deletérias para o ambiente e, por conseguinte, diminuição de possíveis contribuições para o efeito estufa. Dessa forma a pesquisa visou avaliar o desempenho de diferentes técnicas de desprendimento/remoção de CH_4 dissolvido no efluente. Assim, avaliou-se o efeito da utilização de *stripping* na zona de decantação do reator UASB e da unidade de dissipação (câmara de dissipação - CD) pós-reator. Para isso, foi realizado o monitoramento das fases líquida e gasosa (CH_4 dissolvido e no gás residual) no efluente dos reatores UASB experimentais e das alternativas de remoção do gás dissolvido. A aplicação de ar na zona de decantação do reator UASB (técnica de *stripping*) apresentou eficiência de remoção de 38% (para taxa de aplicação de ar de 170 L/m³.min) e de 41% (com taxa de aplicação de ar de 85 L/m³.min). A taxa de emissão média mais elevada, obtida para esta técnica, foi de 56 mgCH₄gás/h, referente a taxa de ar aplicada de 170 L/m³.min.. A duplicação da altura de queda d'água (CD com 1,10m) aumentou em 45% a emissão de metano dissolvido do efluente do reator para o *headspace* da CD. A taxa de emissão referente a esta altura foi de 22,5 mgCH₄gás/h..

PALAVRAS-CHAVE: Metano, Gases dissolvidos, Técnicas de desprendimento, Reator UASB.

INTRODUÇÃO

Uma das limitações operacionais relacionadas a reatores UASB tratando esgoto doméstico refere-se ao gerenciamento dos gases originários do processo de tratamento, em especial o gás metano. Estes gases podem ser completamente controlados quando coletados no interior do separador trifásico dos reatores (na forma de biogás), mas podem também ser emitidos de forma descontrolada, a partir dos compartimentos de digestão, ou liberados do próprio efluente líquido desses reatores (gás residual) (SOUZA, 2010). Em se tratando do metano, surge a relevância do controle de um dos gases que mais contribuem para o Efeito Estufa, uma vez que o

mesmo possui potencial de aquecimento 21 vezes superior ao do gás carbônico (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

Destaca-se que em se tratando das emissões recuperadas/coletadas há a possibilidade de reaproveitamento energético desses gases em tecnologias que já vem sendo consolidadas, a exemplo da sua utilização para a geração de energia, dentre outros. No entanto, em relação às gerações residuais, escassos são os relatos sobre experiências de desprendimento e coleta desses gases, e em especial sobre a remoção de metano dissolvido.

Souza *et al.* (2009) destacam que embora a recuperação de CH₄ esteja bem estabelecida no caso de digestores anaeróbios tratando efluentes concentrados e lodos, o mesmo não acontece no caso de reatores anaeróbios que tratam de esgoto doméstico. Nestes, significativas quantidades de metano vem sendo liberadas juntamente com o efluente, uma vez que a massa líquida encontra-se supersaturada com metano dissolvido, o equivalente a uma concentração que varia na faixa de 18 a 22 mg/L, segundo o referido autor.

Tal fato vem sendo observado por diversos pesquisadores e citado como justificativa para as diferenças encontradas entre a produção teórica de metano e a de fato medida nos gases coletados em reatores UASB. Segundo Souza (2010), essas perdas de metano podem variar de 36 a 41% do total de metano gerado em reator UASB durante o tratamento de esgoto doméstico.

Dessa forma, este composto gasoso (CH₄) dissolvido em efluentes de reator UASB necessita de investigações com vistas a se buscar soluções para persistentes entraves ao mais amplo desenvolvimento da tecnologia. Os entraves concernentes ao metano, sobretudo, se relacionam com a compreensão do verdadeiro potencial combustível que se pode esperar destes reatores e de algumas formas para se maximizar este potencial combustível e minimizar fugas deletérias de metano ao ambiente.

Vale lembrar que embora existam diversas alternativas para o controle de gases, a seleção de uma em particular ou a combinação de tecnologias para o desprendimento e remoção de metano ainda não se encontra consolidada no país.

O desprendimento ou transferência de massa de gases dissolvidos em meio líquido, tais como o gás metano, através de mecanismo físico, ocorre através do processo de aeração, isto é, contato livre ou forçado com o ar atmosférico.

Dentre esses processos de aeração utilizados para o desprendimento de gases tem-se a injeção de ar (*stripping*) e o desprendimento gasoso através de estruturas de queda d'água (dissipação).

A emissão gasosa na técnica de *stripping* ocorre através das bolhas de ar injetadas na massa líquida que se impregnam do composto, remetendo-o à atmosfera confinada (*headspace*) ou não (GREENFIELD e BATSTONE, 2004). Já em estruturas de queda d'água essa transferência de massa ocorre através da transferência do (ou para o) filme de esgoto em queda, gotículas que se desintegram do jato de esgoto, de respingos e gotículas aspergidas geradas pelo impacto do filme com a superfície líquida, da superfície líquida altamente agitada e transferência das (ou para as) bolhas de ar que resultam da entrada do jato no seio da massa líquida (SÁ *et al.*, 2005).

O presente trabalho avaliou o desempenho de diferentes técnicas de dissipação para o desprendimento de CH₄ dissolvido no efluente, visando o aprimoramento do controle e aproveitamento deste gás. Dentre as tecnologias existentes, avaliou-se o efeito da utilização de *stripping* na zona de decantação do reator UASB e da unidade de dissipação (câmara de dissipação) pós-reator.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de aplicação

Os aparatos experimentais associados à presente pesquisa foram alojados no Centro de Pesquisa e Treinamento em Saneamento (CePTS) UFMG/COPASA, localizado na Estação de Tratamento de Esgoto da bacia do Ribeirão Arrudas (Belo Horizonte- MG), da qual recebe uma pequena fração de esgoto após passagem deste por um tratamento preliminar que engloba as etapas de gradeamento e desarenação.

Aparato experimental

Os experimentos foram conduzidos em dois reatores UASB em escala piloto, denominados de R2 e R3. O primeiro é um piloto de um UASB convencional, feito de fibra de vidro (decantador) e polietileno (zona de digestão), que possui 0,30 m de diâmetro no compartimento de digestão, altura útil de 4 m e volume útil de 338 L. Já o reator R3 é um piloto de UASB inteiramente confeccionado em fibra de vidro que possui 0,30 m de diâmetro no compartimento de digestão, altura útil de 4,25 m e volume útil de 356 L. Os reatores R2 e R3 operam com tempo de detenção hidráulica próximo de 7 horas e vazão 48 L/h.

Ambos os reatores possuem algum dispositivo instalado que visam à remoção de gases dissolvidos. No reator R3 (Figura 1a), analisaram-se os efeitos da técnica de *stripping* com ar difuso aplicado no compartimento de decantação, visando à redução da concentração de CH_4 dissolvido no efluente tratado por meio do arraste desse composto pelas bolhas de ar formadas e através de turbulências hidráulicas geradas. No reator R2, instalou-se uma câmara de dissipação (CD) externa e em série com o mesmo. Esta unidade avalia a volatilização de CH_4 através de turbulências hidráulicas provocadas pela queda d'água.

Stripping

A avaliação da atuação do *stripping* foi analisada em duas etapas. Na primeira (Etapa 1), o ar foi introduzido com taxa de aplicação de $170 \text{ L/m}^3\cdot\text{min}$ ($Q=13,6 \text{ L/min}$) a partir de quatro pontos de injeção, enquanto que na segunda etapa (Etapa 2) foi de $85 \text{ L/m}^3\cdot\text{min}$ (também com quatro pontos e $Q=6,3 \text{ L/min}$).

Para estas etapas, utilizou-se duas bombas peristálticas (MasterFlex – mod. 7720-40) cada uma acoplada a dois cabeçotes (Figura 1d). A introdução de ar foi feita utilizando-se de quatro mangueiras de PVC (4 pontos de distribuição), com 1cm de diâmetro cada, conectadas a pequenos chuveiros (de 10cm de diâmetro) instalados no compartimento de decantação aproximadamente 15 cm abaixo do ponto de saída do efluente tratado (Figura 1b). Foi instalada, ainda, uma tampa em acrílico com encaixe sobre o decantador do reator para confinar o gás residual gerado no compartimento de decantação e permitir a coleta e controle deste gás através de um ponto de convergência na peça (Figura 1c).



Figura 1. *Stripping* na zona de decantação. a-R3; b-pontos de distribuição da vazão de ar; c-ponto de coleta do gás CH_4 ; d- bombas de ar.

Câmara de dissipação (CD)

A atuação da câmara de dissipação no desprendimento de CH_4 também foi estudada em duas etapas, sendo que na primeira adotou-se uma queda d'água de 55 cm e que teve um período de avaliação com duração de 2 meses (Etapa 1) e a segunda, uma queda de 110 cm, também com duração de 2 meses (Etapa 2), conforme pode ser observado nas Figuras 2 e 3, respectivamente. Em ambas as etapas, a câmara foi posicionada no nível do solo ao lado do reator R2.

A CD permite que a atmosfera gasosa fique perfeitamente confinada, uma vez que a parte superior da câmara apresenta uma tampa de vedação flangeada, e a inferior um selo hídrico construído por meio de peças hidráulicas na sua parte externa. Ademais, esta unidade apresenta, além do orifício de entrada do efluente, outros dois orifícios, os quais permitem a saída do gás liberado do efluente, e a entrada de ar limpo da atmosfera exterior.

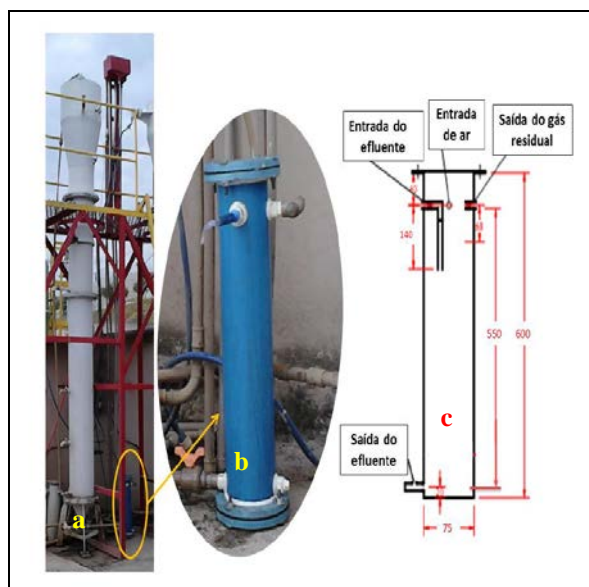


Figura 2. Câmara de dissipação – 1ª etapa. a- R2; b-CD; c-desenho da CD em mm.



Figura 3. CD na 2ª etapa.

Monitoramento e procedimento analítico

O monitoramento em ambas as unidades foi realizado com frequência de coleta semanal e as concentrações de CH_4 foram analisadas tanto na fase líquida quanto na fase gasosa.

Antes do início da coleta de amostras na unidade com *stripping* na zona de decantação, ligava-se a bomba peristáltica de ar para que o processo de remoção desse partida. Para análise da fase líquida coletou-se alíquotas de um ponto afluente (ponto abaixo de aproximadamente 48 cm do ponto de injeção de ar na zona de decantação do reator R3) e efluente do *stripping* (saída do reator). Para tal foram utilizados frascos de antibiótico de 60 mL contendo barras magnéticas, cada um era preenchido com cerca de 25 mL de amostra e vedados cuidadosamente, usando-se tampas de borracha e lacres de alumínio a fim de se evitar qualquer tipo de turbulência e eventuais perdas. Para a fase gasosa foram coletadas amostras de gás emitido pelo processo *stripping*, em seringas. Ambas as amostras eram posteriormente acondicionadas em gelo até o momento da análise.

Assim como a CD, a bomba de exaustão (bomba peristáltica com vazão de 1,7 L/min) só era colocada em operação nos dias de coleta, uma vez que a técnica de desprendimento analisada ocorre mediante a um processo de caráter físico, não sendo necessária a manutenção biológica. Após a renovação de quatro vezes o volume da atmosfera, fazia-se a coleta tanto da amostra gasosa quanto das amostras líquidas isto é, afluente e efluente à CD, conforme pontos de coleta ilustrados na Figura 3. Para a análise da concentração de CH_4 gasoso nesta unidade também foram tomadas amostras em seringas de 60 mL para posterior análise.

Para a determinação de metano dissolvido em ambas as unidades, preparavam-se as amostras deixando-as por cerca de 50 minutos à temperatura controlada de 25°C e agitando-as por 10 minutos, com agitadores magnéticos, para permitir o estabelecimento do equilíbrio entre a fase líquida e gasosa, ainda dentro da incubadora. Feito isso, a fase gasosa do frasco pode ser amostrada e analisada pelo método de cromatografia a gás, injetando-se 0,5 ml de gás no injetor manual do aparelho (cromatógrafo Perkin Elmer, detector FID, gás de arraste: nitrogênio). Para o desenvolvimento dos cálculos após a análise de cromatografia, os frascos devem ser pesados e, a partir da tara de cada frasco, determina-se a massa de água e, conseqüentemente, o volume de líquido em cada frasco (massa específica da água de 1,0 g/ml), por fim, determina-se o volume da fase gasosa por diferença em relação à capacidade total de 60 mL do frasco. Para a determinação de metano no gás residual também foi adotada a técnica de cromatografia gasosa (cromatógrafo Perkin Elmer, detector TCD, gás de arraste: hélio).

Com as concentrações de CH₄ na fase gasosa foi possível calcular a taxa de emissão, referente a cada unidade de dissipação, de acordo com a Equação 1.

$$TE = C_g \cdot Q_g$$

Equação (1)

Em que: TE: é a taxa de emissão (mgCH₄gás/h); C_g: concentração de CH₄ na fase gasosa (mg/L); Q_g: vazão do gás (L/h).

Todos os dados obtidos foram avaliados mediante estatística descritiva (média, máximo, mínimo, desvio padrão, série temporal e box-plot).

RESULTADOS

Stripping

Na Tabela 1 podem-se observar os valores estatísticos referentes à média, desvio padrão, mínimo e máximo das concentrações de CH₄ dissolvido (liq.), antes (R3) e após o processo de *stripping* (Pós-*stripping*), obtidos durante o período experimental da pesquisa.

Tabela 1. Resultados estatísticos das concentrações de metano dissolvido mediante técnica de *stripping*.

Etapa	R3 – CH ₄ (mg/L)					Pós <i>stripping</i> - CH ₄ (mg/L)				
	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Nº de dados	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Nº de dados
1	17,9	7,7	8,9	39,3	34	11,1	4,6	4,1	22,3	34
2	15,0	5,4	2,1	21,2	18	8,9	4,6	0,1	17,4	18

Conforme Tabela 1 e Figuras 4, 5 e 6, observa-se que o *stripping* na Etapa 2 mostrou-se mais eficiente que a Etapa 1. Na primeira etapa, houve redução média de 6,8 mg/L de metano dissolvido, o que corresponde a uma eficiência de aproximadamente 38%. Na segunda etapa, observou-se redução de 6,1 mg/L de metano dissolvido, o que resulta em eficiência de aproximadamente 41% (Figura 7). Nota-se que em ambas as etapas experimentais os valores médios de eficiência, referentes à redução de CH₄ dissolvido no efluente, foram relativamente próximos. Portanto, considera-se que variação da vazão aplicada no processo de *stripping* não proporcionou diferenças evidentes na remoção do gás metano dissolvido. Dessa forma, considera-se que o aumento de 3% na redução de metano dissolvido na segunda etapa, não seja um valor significativo para determinar que a vazão de ar aplicada na zona de decantação nesta etapa (6,8 L/min), seja definitivamente uma vazão ideal para uma maior eficiência de remoção de CH₄ dissolvido. Faz-se necessário, estudos continuados e mais aprofundados a esse respeito.

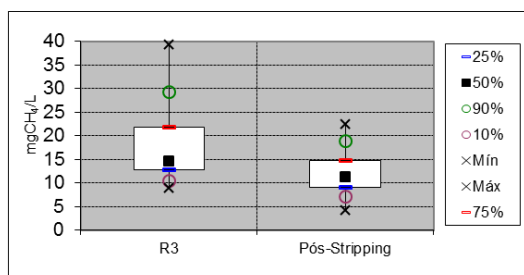


Figura 4. Gráfico box-plot da concentração de CH₄ na 1ª etapa antes (R3) e depois (Pós-Stripping) do stripping.

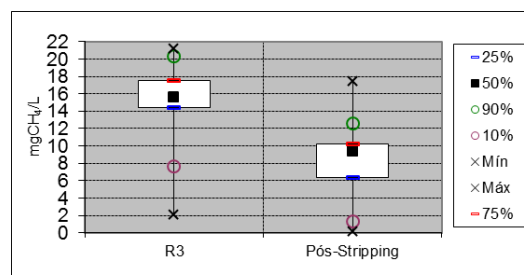


Figura 5. Gráfico box-plot da concentração de CH₄ na 2ª etapa antes (R3) e depois (Pós-Stripping) do stripping.

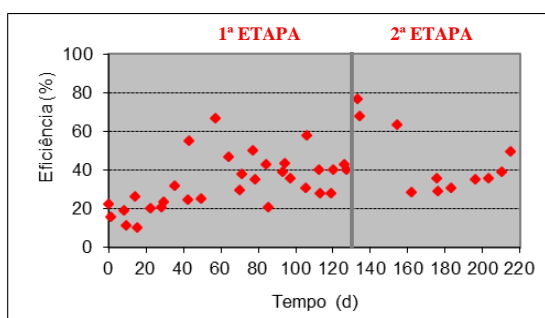


Figura 6. Gráfico em série temporal da eficiência de remoção de metano dissolvido através da técnica de stripping na 1ª e 2ª etapa.

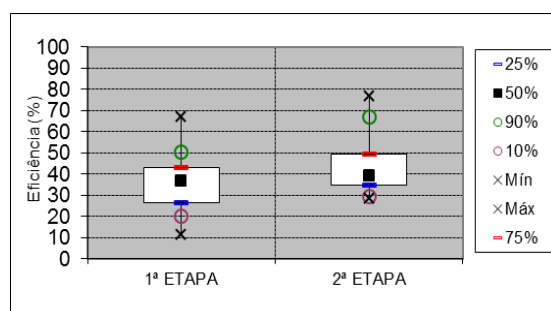


Figura 7. Gráfico box-plot da eficiência de remoção de metano dissolvido através da técnica de stripping na 1ª e 2ª etapa.

Na Tabela 2 pode-se observar os valores referentes à média, número de dados, desvio padrão, valor mínimo e máximo das concentrações de CH₄ emitidas através da utilização da técnica de stripping.

Tabela 2. Resultados estatísticos dos dados obtidos das concentrações de CH₄ desprendido (gasoso) através da técnica de stripping na 1ª e 2ª etapa.

Etapa	Stripping – CH ₄ gasoso (% _{v/v})				
	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Nº de dados
1	0,63	0,21	0,32	1,01	31
2	0,93	0,61	0,51	1,82	17

Analisando os resultados de CH₄ emitidos em ambas as etapas nota-se que a concentração média, deste composto, emitida para o meio atmosférico confinado (*headspace*) do R3 na 2ª etapa, está cerca de 1,5 vezes acima do valor médio obtido na 1ª etapa. Isso corresponde a um aumento de 68% na concentração de metano no gás residual quando a vazão de ar reduziu para 6,8L/min (taxa de aplicação de ar de 85 L/m³.min). Dois fatores possivelmente podem explicar tal fato: ao reduzir a vazão de injeção de ar na zona de decantação do R3 reduziu-se a velocidade ascendente das bolhas de ar formada e com isso aumentou-se o tempo de contato da bolha de ar com o composto dissolvido possibilitando assim que o composto impregnasse ao máximo nas bolhas de ar injetadas; e ao reduzir a vazão de ar, diminuiu-se a possibilidade de diluição da concentração de CH₄ emitido para o *headspace* o que possivelmente contribuiu para que a 2ª etapa apresentasse valor médio elevado quando comparado com a 1ª etapa.

Na Figura 8 podem ser observados valores elevados do gás metano (emitido para o *headspace*) na 2ª etapa, correspondentes as concentrações acima de 1,5%.

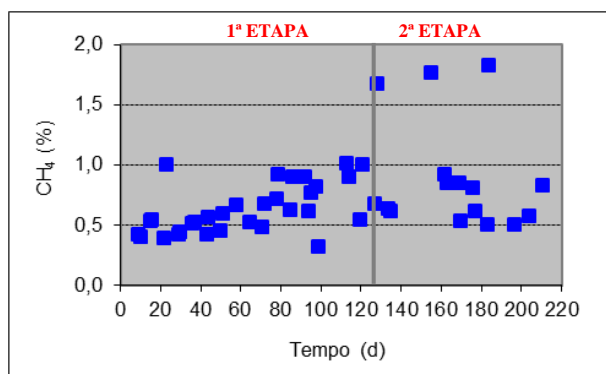


Figura 8. Gráfico em série temporal da concentração de metano emitido na 1ª e 2ª etapa com técnica de *stripping*.

Com os resultados obtidos para CH₄ dissolvido (líquido), afluente e efluente, e emitidos (gasoso) em ambas as etapas foi possível determinar que apenas 17% (1ª etapa) e 14% (2ª etapa), do total removido, correspondem à concentração de metano desprendido da massa líquida, e 83% (1ª etapa) e 86% (2ª etapa) são referentes a outras formas de remoção que eventualmente tenham ocorrido, como por exemplo oxidações bioquímicas.

Mediante a obtenção dos resultados de CH₄ gasoso e da vazão de ar aplicada, foi possível calcular a carga de emissão no compartimento de decantação provocada pelo *stripping* na 1ª e 2ª etapas que correspondeu a 56 e 41 mgCH₄gás/h, respectivamente. Através deste resultado nota-se que a técnica do *stripping* com taxa de aplicação de ar de 85 L/m³.min (2ªetapa) apresentou menor emissão, naturalmente em função da menor vazão (metade) aplicada.

Câmara de dissipação

Na Tabela 3 podem-se observar os valores estatísticos referentes à média, desvio padrão, mínimo e máximo das concentrações de CH₄ dissolvido (líq.), afluente (CD) e efluente do processo de queda d'água na câmara de dissipação, obtidos durante o período experimental da pesquisa, exclusivamente na etapa 2. Ressalta-se que não houve mensurações no efluente da unidade, na etapa 1, quanto ao metano dissolvido, em função de problemas diversos.

Tabela 3. Resultados estatísticos das concentrações de metano dissolvido mediante técnica de queda d'água – CD na 2ª etapa.

Etapa	A-CD – CH ₄ (mg/L)					E-CD – CH ₄ (mg/L)				
	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Nº de dados	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Nº de dados
2	15,3	3,5	13,3	23,8	11	4,7	0,9	3,2	6,5	11

Conforme Tabela 3 e Figuras 9 e 10, observa-se que na Etapa 2 a eficiência de remoção de metano dissolvido atingiu um valor bastante estável de cerca 70%. Tal valor pode ser considerado grandemente positivo, considerando a estruturação bastante simples da unidade.

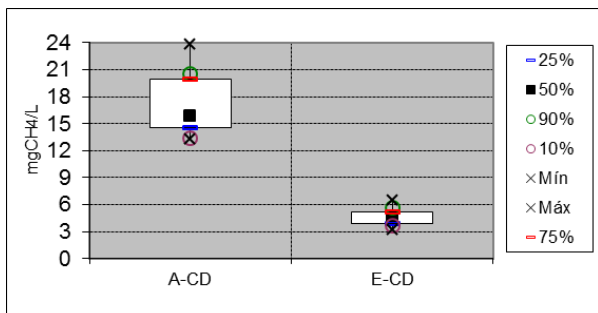


Figura 9. Gráfico box-plot da concentração de CH₄ na 2ª etapa afluente (A-CD) e efluente (E-CD) da câmara de dissipação.

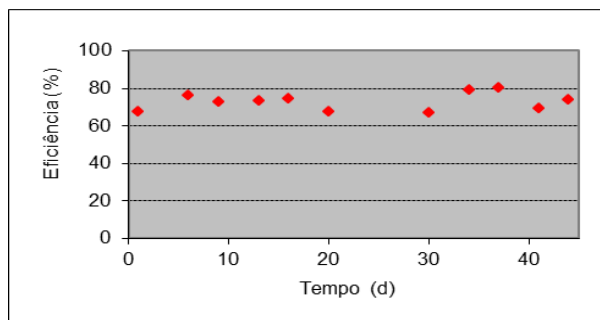


Figura 10. Gráfico em série temporal da eficiência de remoção de metano dissolvido através da técnica da câmara de dissipação na 2ª etapa.

Na Tabela 4 podem ser observados os valores referentes à média, número de dados, desvio padrão, valor mínimo e máximo das concentrações de CH₄ emitidas através da câmara de dissipação (CD).

Tabela 4. Resultados estatísticos dos dados obtidos das concentrações de CH₄ desprendido (gasoso) através da técnica de queda d'água – CD na 1ª e 2ª etapa.

Etapa	CD – CH ₄ gasoso (%v/v)				
	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Nº de dados
1	1,29	0,67	0,55	2,66	15
2	2,02	0,65	1,30	5,42	10

Como pode ser observado na Tabela 4 e Figuras 11 e 12 nota-se que na unidade câmara de dissipação, para altura de queda d'água de 1,10m, a concentração de metano no *headspace* foi maior quando comparado com a CD de 0,55m, demonstrando assim que a utilização da técnica de desprendimento por queda d'água potencializa a transferência de massa de metano do meio líquido para o meio atmosférico.

Este valores obtidos (Tabela 4) estão muita acima da faixa encontrada por Souza (2011) a qual variou de 0,4 a 0,6 % de metano no gás emitido. Este referido autor utilizou uma CD de 150 mm, com altura de queda d'água de 45cm. Conforme as Figuras 11 e 12, nota-se que a CD chegou a emitir 5,4% de metano gás ao longo do período experimental na 2ª etapa.

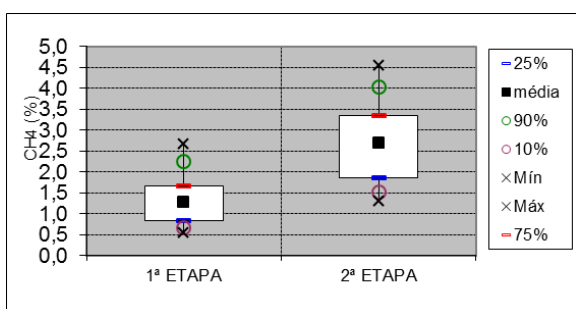


Figura 11. Gráfico box-plot da concentração de metano emitida na 1ª e 2ª etapa da CD.

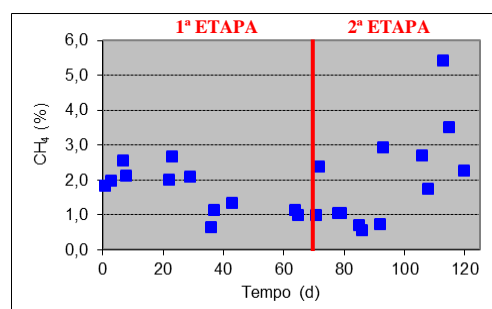


Figura 12. Gráfico em série da concentração de metano emitida na 1ª e 2ª etapa da CD.

A carga de emissão de metano determinada para a CD, conforme resultados encontrados, foi de 14,4 e 22,5 mgCH₄gás/h para a 1ª e 2ª etapa, respectivamente. Nota-se que na segunda etapa houve uma maior emissão, naturalmente em função da maior queda hidráulica, incrementando o efeito de desprendimento, atestado pela maior concentração no gás residual, apesar da mesma vazão de exaustão, portanto menor taxa aplicada de renovação da atmosfera.

CONCLUSÕES

A aplicação de ar na zona de decantação do reator UASB (técnica de *stripping*) apresentou eficiência de remoção de metano dissolvido de 38% (taxa de ar aplicada de 170 L/m³.min) e de 41% (taxa de ar aplicada de 85 L/min). Sendo desprendidas da massa líquida concentrações de 0,63% (1ª etapa) e 0,93% (2ª etapa), que correspondem a 17% e 14%, 1ª e 2ª etapa respectivamente, de metano emitido para o *headspace* do reator R3. A carga de emissão média mais elevada, obtida neste estudo, foi de 56 mgCH₄gás/h, referente a taxa de aplicação de ar de 170 L/m³.min. Esta unidade possibilita realizar, em um mesmo sistema de tratamento (reator UASB), a redução de gases residuais dissolvidos, como o CH₄, não necessitando da confecção e instalação de uma unidade posterior.

A câmara de dissipação apresentou desempenho favorável à remoção do metano dissolvido em efluentes de reatores UASB, visto que, apesar da simplicidade operacional e estrutural, essa unidade alcançou eficiências próximas de 70%.. A duplicação da altura de queda d'água (CD com 1,10m) aumentou em 45% a emissão de metano dissolvido em efluente do R2 para o *headspace* da CD. A taxa de emissão referente a esta altura foi de 22,5 mgCH₄gás/h.

Dessa forma, ambas as técnicas apresentam bom potencial de aplicação e de maiores desenvolvimentos e estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CHERNICHARO, C. A. L. *Princípio do tratamento biológico de águas residuárias – Reatores anaeróbios*. Departamento de engenharia sanitária e ambiental – DESA/UFMG, Belo Horizonte, v. 5, 2ª edição, 380 p., 2007.
2. CHERNICHARO, C. A. L.; AQUINO, S. F.; MELO, G. C. B.; SOUZA, C. L.. Determinação de metano dissolvido em efluentes de reatores UASB: identificação da perda de potencial energético e das emissões de gás de efeito estufa. In: 25º Congresso Brasileiro De Engenharia Sanitária E Ambiental. *Anais...* Recife, Pernambuco, 2009.
3. DARTO FILHO, J.; SOUSA, A. M. *O cascadeamento como uma opção para o arejamento de efluentes anaeróbios diluídos*. In: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. *Anais...* p. 253-261, 1997.
4. EUROPEAN COMMISSION. Environmental pressure indicators for the EU, Eurostat, Data 1985-98. Office for official publications of the European Communities. Luxembourg. 2001.
5. GERARDI, M. H. *The microbiology of anaerobic digesters*. 2th ed. John Wiley & Sons, Inc. 2003. p. 177.
6. GREENFIELD, P. F.; BATSTONE, D. J. Anaerobic digestion: impact of future GHG mitigation policies on methane generation and usage. In: ANAEROBIC DIGESTION, [*Anais eletrônico...*] Montreal. 2004.
7. GULLIVER, J.S.; RINDELS, A.J. *Measurement of air-water oxygen transfer at hydraulic structures*. Journal of Hydraulic Engineering, v. 119, n° 3, p. 327-349, Março. 1993.
8. INNOCENTINI, C.K.Z. *Estudo da transferência de oxigênio da fase gasosa para a fase líquida, usando difusor cerâmico poroso*. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos. 87p. 1996.
9. JUN, K.S.; JAIN, S.C. *Oxygen transfer in bubbly turbulent- shear flow*. Journal of Hydraulic Engineering, v. 119, n° 1, p. 21-36, January. 1993.
10. MOMESSO, A.M. *Absorção e dessorção de gases através da interface ar-água em sistemas de agitação mecânica*. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos. 145p. 1996.
11. HUDSON, N., and AYOKO, G.A. Odour sampling. 1. Physical chemistry considerations. *Bioresource Technology*, v.99, p.3982-3992, 2008.
12. PÖPEL, H. J. *Aeration and gas transfer*. 2 ed Delft, Delft University of Technomic Publishing Co, Lancarter, EUA, p. 589, 1979.
13. SOUZA, C. L. *Estudo das rotas de formação, transporte e consumo dos gases metano e sulfeto de hidrogênio resultantes do tratamento de esgoto doméstico em reatores UASB*. 2010. 147 f. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos)-Escola de Engenharia-Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

14. VAN GROENESTIJN, J.W. and HESSELINK, P.G.M. *Biotechniques for air pollution control. Biodegradation*, 4:283-301, 1993.
15. VAN HAANDEL, A.; LETTINGA, G. *Tratamento anaeróbio de esgoto. Um manual para regiões de clima quente*. Campina Grande, Brasil, Universidade Federal da Paraíba. 1994.
16. VASCONCELOS, E. H. *Avaliação e modelagem do desprendimento de sulfeto em ressaltos hidráulicos*. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Graduação em Engenharia Ambiental) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR, 2009.