

II-532 - AVALIAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE METANO DISSOLVIDO EM REATORES UASB TRATANDO ESGOTO DOMÉSTICO EM DIFERENTES ALTURAS NA ZONA DE DECANTAÇÃO

Déborah de Freitas Melo⁽¹⁾

Engenheira Bioenergética pela Fundação Mineira de Educação e Cultura (FUMEC). Mestre e Doutoranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Lucas Martins Machado

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestrando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Cláudio Leite de Souza

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Carlos Augusto de Lemos Chernicharo

Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal de Minas Gerais. Doutor em Environmental Engineering pela University of Newcastle Upon Tyne - Inglaterra. Pós-doutorado pela University of New South Wales - Austrália.

Fernanda Janaina Oliveira Gomes da Costa

Pesquisadora da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR. Engenheira de Alimentos pela UEPG – PR, Engenheira Química pela PUC-PR, Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela UEPG-PR e doutora em Engenharia de Alimentos pela UFPR.

Endereço⁽¹⁾: Av. Antônio Carlos 6627 – Pampulha – Belo Horizonte/MG – Escola de Engenharia, Bloco 1 – sala 4541; CEP: 31270-901 – Brasil -- E-mail: deborahfmelo@hotmail.com

RESUMO

O tratamento de esgotos domésticos pela via anaeróbia através de reatores UASB ocupa cada vez mais espaço dentre as estações de tratamento de esgoto por apresentarem diversas vantagens. Uma das mais relevantes é a formação do biogás, um subproduto gasoso gerado que contém em maior proporção o gás metano, que é um gás de elevado poder calorífico, sendo passível de aproveitamento energético. Sendo o biogás um subproduto de grande potencial combustível, é de interesse dos gestores de ETEs dimensionar e implantar sistemas que visem o seu aproveitamento. Entretanto, grandes dificuldades são encontradas nesse sentido quando em operação em escala real, pois muitas vezes as produções encontradas de biogás são consideravelmente menores que a produção teórica, se devendo tal diferença principalmente ao metano que sai dissolvido no efluente dos reatores. Assim, o presente trabalho tem como objetivo aprofundar o conhecimento atual sobre as concentrações de metano dissolvido em duas alturas diferentes da zona de decantação de reatores UASB tratando esgoto doméstico, nas escalas piloto, demonstração e real (ETE de grande porte). Concentrações de metano no biogás estiveram dentro do esperado para reatores UASB tratando esgoto doméstico, com médias 63, 70, 74 e 83%_{v/v}, respectivamente para os reatores: piloto com TDH 5h, piloto com TDH 7h, demonstração com TDH 12h e reator em escala real com TDH 13h. Em relação às concentrações de metano dissolvido, foram encontrados valores significativamente mais elevados nos pontos de maior profundidade da zona de decantação apenas no reator piloto com TDH de 5h e no reator em escala real.

PALAVRAS-CHAVE: Biogás, metano, metano dissolvido, reator UASB, esgoto doméstico.

INTRODUÇÃO

~~Reatores UASB são amplamente utilizados para o tratamento de esgotos domésticos por via anaeróbia em países como Brasil. Durante a degradação anaeróbia da matéria orgânica ocorre a formação do metano (CH₄), que é um gás de com elevado poder calorífico, mas ao mesmo tempo com potencial poluidor de efeito estufa. Quando o metano escapa para a fase gasosa este passa a constituir o biogás, passível de aproveitamento energético. Porém, pode também permanecer dissolvido no meio líquido, representando, além de uma perda~~

de potencial energético, um risco considerável de emissões descontroladas de gases de efeito estufa para a atmosfera.

A composição do biogás gerado em reatores UASB varia com as condições presentes no seu interior, sendo razoavelmente uniforme quando o sistema opera em condições estáveis (Chernicharo, 2007). Esse biogás é composto principalmente de metano e dióxido de carbono, e outros gases em menores concentrações, como nitrogênio, oxigênio, hidrogênio e sulfeto de hidrogênio (Pecora, 2006).

As perdas de metano dissolvido no esgoto podem alcançar valores significativos, na ordem de 30 a 40% de todo o metano produzido (Chernicharo *et al.*, 2015). Nesse sentido, pesquisas estão sendo realizadas visando ampliar o conhecimento dos parâmetros que podem influenciar na quantidade final de metano dissolvido no efluente, como temperatura, TDH, configurações do reator (Nelting *et al.*, artigo a ser publicado). Um dos parâmetros sugeridos por Nelting *et al.* (artigo a ser publicado) diz respeito à pressão parcial de gás e da pressão da massa líquida em diferentes alturas no interior do reator, de forma que a mesma possa influenciar na concentração de saturação do metano dissolvido.

Nesse sentido, Nelting *et al.* (artigo a ser publicado) desenvolveram pesquisas com o intuito de avaliar a influência da concentração de metano dissolvido em diferentes profundidades da massa líquida em um reator UASB escala real de profundidade de 4,5 m e volume útil de, aproximadamente, 605 m³. Os autores observaram que, quanto maior a profundidade da amostra tomada, maiores eram as concentrações de metano dissolvido. Entretanto, cabe ressaltar que o reator possuía a superfície do decantador fechada e, de acordo ainda com os autores, reatores fechados na superfície podem apresentar concentrações de metano dissolvido até 37% maiores que reatores abertos na parte superior.

Considerando o grande interesse das companhias de saneamento no aproveitamento energético do biogás gerado nos reatores UASB, é de extrema importância que se conheça a formação e distribuição dos gases gerados no processo, sobretudo o metano, gás de interesse energético, para que se possa, além de propor medidas mais efetivas de medição e recuperação do metano dissolvido, buscar também a redução da emissão descontrolada de gases de efeito estufa.

Sendo assim, são objetivos do presente trabalho: i) avaliar a concentração de metano dissolvido em duas alturas diferentes da zona de decantação de reatores UASB tratando esgoto doméstico, nas escalas piloto, demonstração e real (ETE de grande porte).

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento dos objetivos foram utilizados três reatores UASB em diferentes escalas, um em escala piloto, um em escala de demonstração e um em escala real.

Os reatores experimentais estão localizados no Centro de Pesquisa e Treinamento em Saneamento (CePTS), campo experimental que resulta de uma parceria entre UFMG e COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais). O CePTS está inserido na Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) da bacia do ribeirão Arrudas da COPASA, em Belo Horizonte, Minas Gerais. A vazão de esgotos que alimenta os vários sistemas experimentais instalados no CePTS corresponde a uma diminuta fração proveniente da linha da ETE Arrudas, após o esgoto bruto, tipicamente doméstico, passar pelo tratamento preliminar, composto por gradeamentos e desarenadores.

O reator em escala real recebe esgoto doméstico proveniente de uma grande cidade, localizado em uma ETE com capacidade para atender, aproximadamente, 320 mil habitantes, após passar pelo tratamento preliminar, composto por gradeamento misto, mecanizado e manual, e desarenador.

A Figura 1 apresenta a vista dos reatores e a Tabela 1 apresenta algumas condições de operação dos mesmos.



Figura 1 - Vista dos reatores: (a) piloto - R_{pil} , (b) demonstração - R_{demo} e (c) escala real - R_{real} .

Tabela 1 - Condi es operacionais e características dos reatores

Parâmetro	Reator - TDH (h)			
	$R_{pil} - 5h$	$R_{pil} - 7h$	$R_{demo} - 12h$	$R_{real} - 13h$
TDH (h)	5	7	12	13*
Altura útil total (m)	4	4	4,5	4,5
Volume útil (m^3)	0,36	0,36	14,2	1.998,0
Período operacional (dias)	194	79	245	1

*TDH médio calculado em fun o das vazões horárias do dia

A amostragem e análise de metano dissolvido foram realizadas conforme Souza *et al.* (2011). A análise consiste na quantifica o, por cromatografia gasosa, do percentual de metano presente no *headspace* do frasco de coleta. Baseando-se na condi o de equilíbrio da constante da Lei de Henry de solubilidade dos gases,   realizada a medi o dos volumes gasosos e líquidos para determina o da concentra o de metano na fase líquida.

As coletas foram realizadas em dois pontos: na superfície do decantador, ou seja, logo abaixo da superfície líquida, e em ponto mais profundo, no início da zona de decanta o. A Figura 2 apresenta um esquema exemplificando a localiza o dos pontos de coleta para análise de metano dissolvido nos reatores e a Tabela 2 apresenta a descri o dos mesmos.

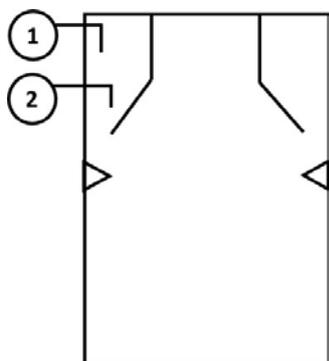


Figura 2 - Representa o esquemática dos pontos de amostragem para análise de metano dissolvido em diferentes alturas do compartimento de decanta o dos reatores

Tabela 2 - Descri o dos pontos de amostragem de metano dissolvido nos reatores

Profundidade	Reator - THD (h)			
	$R_{pil} - 5h$	$R_{pil} - 7h$	$R_{demo} - 12h$	$R_{real} - 13h$
Ponto 1	0,15	0,15	0,40	0,15
Ponto 2	0,65	0,65	2,00	1,50

Para os reatores piloto e demonstra o, a coleta do ponto 1 foi realizada a partir de uma mangueira adaptada, de pequeno diâmetro ($d = 0,34$ mm), para não provocar turbulências durante a inje o do líquido no frasco de análise. Para a coleta do ponto 2, utilizou-se os registros localizados ao longo da coluna dos reatores.

Já no reator em escala real, utilizou-se, para a coleta dos pontos 1 e 2, um êmbolo de 1,5 L adaptado a uma mangueira de 3/4" para o ajuste da altura da coleta. Em seguida a amostra coletada era transferida sem turbulência para o frasco de análise.

A Equação 1 foi utilizada para a determinação do valor de metano dissolvido na amostra.

$$CH_4_{diss} = \frac{\left(\frac{\%CH_4_{gás}}{100}\right) \times [(d \times V_{gás}) + (P_T - P_V) \times (K_H \times V_{liq})]}{V_{liq}} \quad \text{Equação 1}$$

Na qual:

CH_4_{diss} = concentração de metano dissolvido ($mg.L^{-1}$)

$\%CH_4_{gás}$ = concentração percentual de metano na fase gasosa do frasco (%)

d = densidade do metano (calculada em função da pressão local)

$V_{gás}$ = volume da fase gasosa (mL)

P_T = pressão atmosférica (em atm, de acordo com a localização/altitude do reator em estudo)

P_V = pressão de vapor de água (0,032 atm a 25°C)

K_H = constante da Lei de Henry para metano (21,5 $mg.L^{-1}.atm^{-1}$ a 25°C)

V_{liq} = volume da fase líquida (mL)

Durante os experimentos nos reatores piloto e demonstração foram realizadas análises no esgoto bruto e no efluente para os seguintes parâmetros: demanda química de oxigênio (DQO – total e filtrada), sólidos suspensos totais e voláteis (SST e SSV), pH e temperatura. Adicionalmente, foram realizadas medições da produção volumétrica de biogás, concentração de metano no biogás e dissolvido no efluente do reator, bem como análises de sólidos totais e voláteis do lodo. A Tabela 3 apresenta o detalhamento dos métodos utilizados, a frequência e o tipo de amostragem.

Tabela 3 - Parâmetros de análise, métodos analíticos, frequência e tipo de amostragem

Parâmetro	Método	Frequência	Amostragem
Série de sólidos (SS, SSV)	Gravimétrico	2x/semana	Composta
DQO total e filtrada	Colorimétrico	2x/semana	Composta
pH	Potenciométrico	2x/semana	Pontual
Temperatura	Potenciométrico	2x/semana	Pontual
CH ₄ dissolvido	Souza <i>et al.</i> (2012)	2x/semana	Pontual
CH ₄ gás	Cromatográfico	2x/semana	Pontual
ST e STV	Gravimétrico	1x/quinzena	Pontual

As análises de DQO total e filtrada, SST, SSV, ST e STV, pH e temperatura foram realizadas conforme recomendações do “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*” (APHA, 2012).

Para a verificação da produção volumétrica diária de biogás nos reatores piloto e demonstração foram utilizados gasômetros do tipo tambor, do fabricante Ritter®, com gerador de pulsos elétricos a partir da produção de gás. Para o reator piloto utilizou-se o modelo TG05, de meio litro, e para o reator demonstração o modelo TG3, de três litros.

Para a determinação do percentual de metano no biogás desses reatores, foram realizadas coletas com seringas de plástico de 60 mL e análises via cromatografia gasosa. As coletas foram realizadas diretamente na linha de saída dos gases no reator, antes de passar pelo medidor de biogás. Foi utilizado um cromatógrafo *Perkin Elmer*, com detector TCD, fluxo de 17 $mL.min^{-1}$, com gás de arraste hélio e coluna empacotada carbowax. Com essas mensurações também foi possível obter a quantidade volumétrica de metano produzido nos reatores.

Já para o reator em escala real foram avaliados os mesmos parâmetros analisados para os reatores experimentais, seguindo também o mesmo método de amostragem e análise, variando somente o modo de medição volumétrica do biogás e também a quantificação do metano presente no mesmo. Para a medição volumétrica do biogás utilizou-se um medidor do tipo vórtex, da *Höntzsch*, composto também por unidades de medição de pressão e temperatura. Os dados de vazão foram medidos a cada 1 minuto, sendo que a cada 5

minutos a média das últimas cinco medições era transmitida por telemetria e armazenada em um banco de dados *online*. A composição do biogás, em termos de metano, foi avaliada a partir do dispositivo de medição de gás modular INCA 4002, da *Union Instruments*, que quantifica o metano por sensor infravermelho não dispersivo. Os dados foram processados com ciclos de operações, que compreendiam as medições, propriamente ditas, e também uma etapa de purga.

Foram realizadas também avaliações acerca da influência da pressão proporcionada em função da coluna d'água nas duas alturas diferentes avaliadas. Para tal, se utilizou dos cálculos de pressão total e pressão parcial dos gases, no caso, sendo gás de interesse o metano. A pressão total e a pressão parcial provocadas em cada ponto amostrado foram calculadas a partir das Equações 2 e 3.

$$P_t = P_{atm} + P_{sh} + P_{ca} \quad \text{Equação 2}$$

Na qual:

P_t = pressão total do sistema (atm)

P_{atm} = pressão atmosférica (em atm, de acordo com a localização/altitude do reator em estudo)

P_{sh} = pressão proporcionada pelo selo hídrico (adotada usualmente como 15 cm)

P_{ca} = pressão proporcionada pela coluna d'água até o ponto de coleta (relativo à P1 e P2)

$$P_p = P_t \times C_{gás} \quad \text{Equação 3}$$

Na qual:

P_p = pressão parcial do gás no sistema (atm)

P_t = pressão total do sistema (atm)

$C_{gás}$ = concentração do gás de interesse na fase gasosa (%CH₄)

Posteriormente, se fez necessário também o cálculo das concentrações de saturação do metano dissolvido nos pontos analisados (P1 e P2), conforme Equação 4.

$$C_{sat} = K_H \times P_p \quad \text{Equação 4}$$

Na qual:

C_{sat} = concentração de saturação do metano dissolvido no meio líquido (mg.L⁻¹)

K_H = constante da Lei de Henry para metano (21,5 mg.L⁻¹.atm⁻¹ a 25°C)

P_p = pressão parcial do gás no sistema (atm)

Os resultados foram analisados por meio da estatística descritiva, juntamente com a geração de gráficos de séries temporais e gráficos do tipo *box-plot*. Para tais finalidades, foram utilizados os *softwares* Excel e Statística. Para algumas considerações e análises foram utilizados testes estatísticos, sendo os mesmos não paramétricos, por não se conhecer a normalidade dos dados, considerando-se ainda a avaliação de comparação entre duas alturas diferentes em um mesmo reator, utilizou-se o teste não paramétrico de amostras dependentes, *Wilcoxon's matched pairs test*, a um nível de confiança de 95%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta a variação dos dados encontrados em cada reator. Observa-se que os valores médios de CH₄ dissolvido para o reator piloto com TDH 5h nas profundidades de 0,15 e 0,65 m foram, respectivamente, de 18,7 ± 2,6 mg.L⁻¹ e de 20,0 ± 2,8 mg.L⁻¹. Já para o TDH de 7h, os valores médios de CH₄ dissolvido nas profundidades de 0,15 e 0,65 m foram, respectivamente, de 21,8 ± 1,4 mg.L⁻¹ e de 21,7 ± 1,4 mg.L⁻¹. Para o reator demonstração a concentração média de CH₄ dissolvido foi de 19,6 ± 1,9 mg.L⁻¹ para a profundidade de 0,40 m e de 19,2 ± 1,7 mg.L⁻¹ para a profundidade de 2,00 m. Contudo, para o reator em escala real o valor médio de CH₄ dissolvido foi de 16,0 ± 2,4 mg.L⁻¹ para a profundidade de 0,15 m e de 20,7 ± 5,4 mg.L⁻¹ para a profundidade de 1,5 m. A Tabela 4 apresenta os valores encontrados em gráficos *Box-Whiskers*.

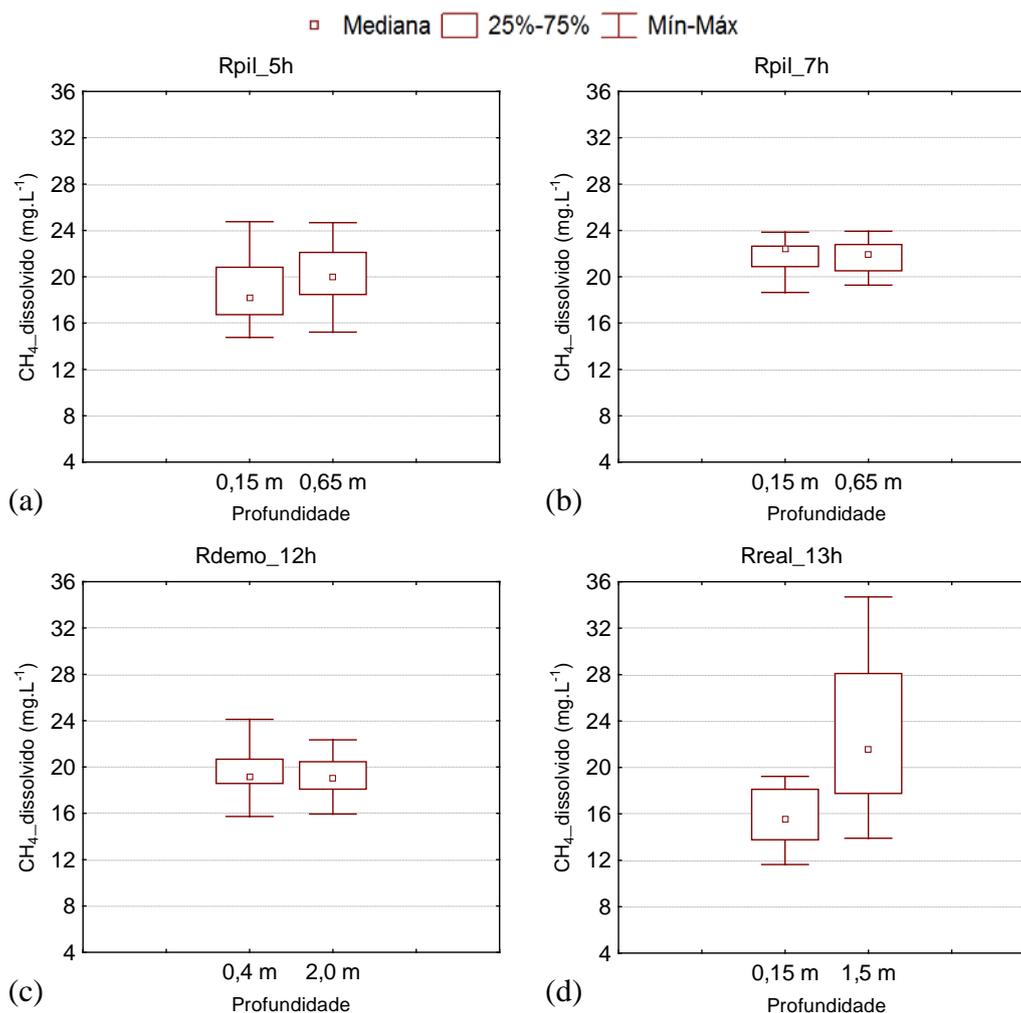


Figura 3 – Gráficos *Box-plot* da concentração de metano dissolvido: (a) reator piloto TDH 5h; (b) reator piloto TDH 7h; (c) reator demonstração TDH 11h; (d) reator escala real

Tabela 4 - Concentrações médias de metano dissolvido

Profundidade	Reator – TDH (h)			
	Rpil-5h	Rpil-7h	Rdemo - 12h	Rreal - 13h
P1	18,7	21,8	19,6	16,0
P2	20,0	21,7	19,2	20,7
Teste estatístico				
N ^a	23	15	32	11
<i>p</i> -valor ^b	0,0043	0,7333	0,2781	0,0033

a - N = número de pares de dados que originou os resultados de mediana, média e desvio padrão

b - *p*-valor ≤ 0,005 representam diferenças significativas entre os pares

De maneira geral, percebe-se que as concentrações de metano dissolvido apresentaram valores conforme descrito em literatura, como em Souza *et al.* (2011) e Matsuura *et al.* (2015), que reportam concentrações variando entre 15-25 mg.L⁻¹. Por outro lado, apesar das médias de metano dissolvido apresentarem diferenças entre as alturas avaliadas, o teste estatístico de comparações de medianas *Wilcoxon's matched pairs test* indicou haver diferença significativa apenas para os resultados do reator piloto com TDH 5h e para o reator em escala real, em um nível de confiança de 95%.

Ressalta-se, entretanto, que as coletas referentes ao reator em escala real foram realizadas em uma campanha única, ao longo de um dia somente, com coletas de duas em duas horas, compreendendo todo o dia, diferentemente das amostragens feitas nos reatores escala piloto e demonstração, que abarcaram longo período experimental. Enfatiza-se ainda a grande diferença de alimentação dos reatores, uma vez que os reatores em escala piloto e demonstração trabalham sob vazão constante e o reator em escala real opera sob vazões variáveis.

A Figura 4 apresenta as variações das concentrações de metano dissolvido em duas profundidades ao longo do dia no reator UASB em escala real, assim como o hidrograma de vazões afluente ao reator, para o mesmo período relativo às coletas de metano dissolvido. Percebe-se pela Figura momentos de pico superior e inferior.

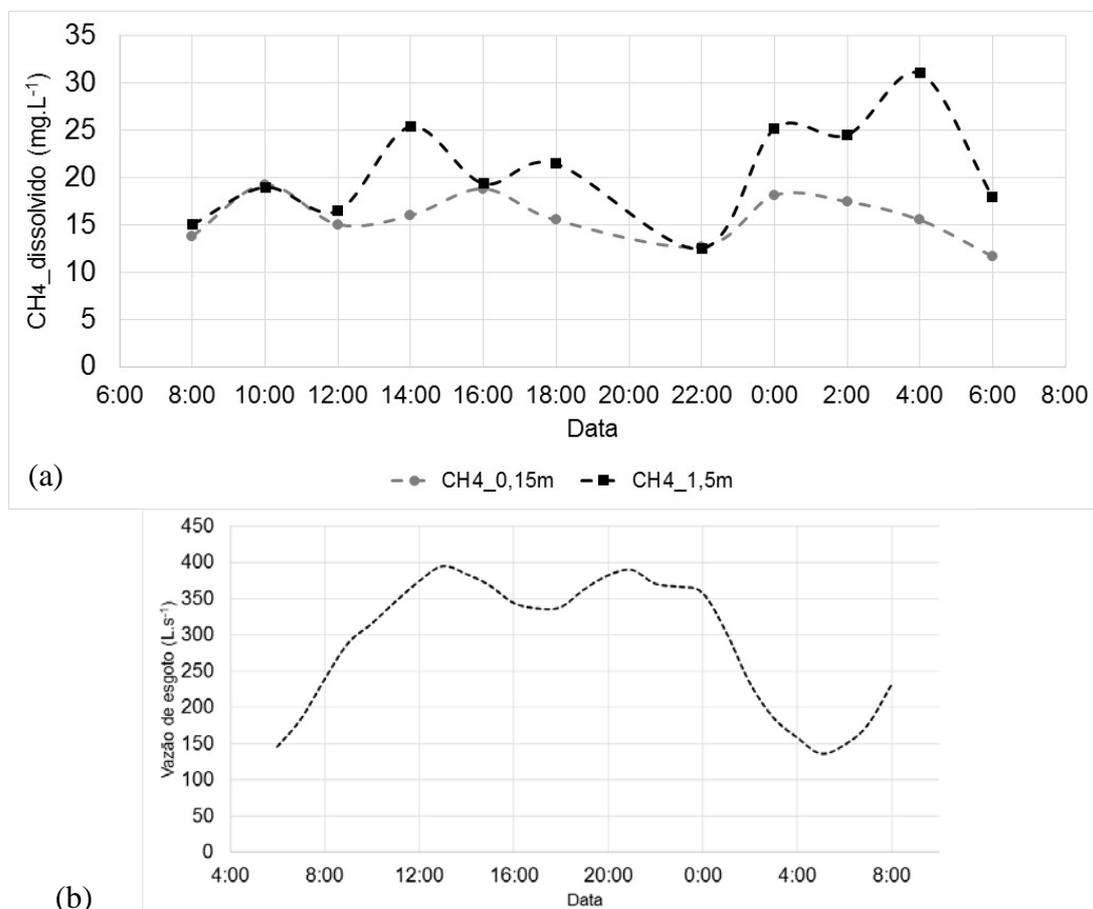


Figura 4 – Reator em escala real: Concentrações de CH₄_{dissolvido} (a) e Hidrograma de vazão de esgoto (b)

Em pesquisa realizada por Melo *et al.* (2016), em que se avaliou a produção de biogás a partir de experimento em um reator UASB escala demonstração operando com hidrograma típico de uma ETE em escala real, os autores verificaram que a produção diária de biogás apresentou grandes variações, fato que pode estar relacionado às variações da carga de matéria orgânica afluente ao reator, promovendo variação da conversão da matéria orgânica em seus produtos finais. Constatou-se, assim, que a produção de biogás tende a apresentar variações mais significativas quando operados em regimes de hidrogramas típicos, sobretudo quando o reator é alimentado com grandes variações de cargas orgânicas afluentes.

Assim, pode-se esperar também que a variação do hidrograma imposto ao reator UASB possa provocar influências na distribuição das parcelas de metano e, com isso, nas concentrações de metano dissolvido.

A partir dos cálculos realizados à cerca das pressões parciais e totais de cada ponto, considerando-se as concentrações de metano no biogás presente em cada reator, conforme Tabela 5, foram obtidos os seguintes resultados, apresentados na Tabela 6.

Tabela 5 - Concentrações de CH₄ no biogás dos reatores

CH ₄				
Biogás (%)	62,9	69,9	74,2	83,4

Tabela 6 - Pressão total e parcial dos pontos analisados

Parâmetro	Profundidade	Reator – TDH (h)			
		R _{pil} -5h	R _{pil} -7h	R _{demo} – 12h	R _{real} – 13h
Pressão total (P _t – atm)	P1	0,939	0,939	0,963	0,924
	P2	0,987	0,987	1,118	1,060
Pressão parcial (P _p – atm)	P1	0,591	0,656	0,715	0,771
	P2	0,621	0,690	0,830	0,884

Percebe-se, a partir dos dados apresentados, que a pressão total (P_t) foi superior para todos os reatores no ponto de maior profundidade (P2). Entretanto, apenas nos reatores demonstração e escala real, a pressão parcial (P_p) foi superior para o ponto de maior profundidade. Por fim, as concentrações de saturações entre os pontos de superfície e mais profundo para os reatores pilotos não apresentaram grandes diferenças. Sendo essa diferença, mais significativa ainda para o reator em escala real.

Por fim, foram calculadas as concentrações de saturação do metano dissolvido para cada ponto. Os resultados são apresentados na Tabela 7. Nota-se que em todos os pontos o metano esteve supersaturado, variando entre 8 e 55%. Apenas para o ponto próximo à superfície do reator em escala real o metano esteve subsaturado, o que pode ter provocado a grande diferença significativa entre as concentrações nas diferentes profundidades deste reator.

Tabela 7 - Concentração de saturação e grau de saturação do CH₄ dissolvido

Parâmetro	Profundidade	Reator – TDH (h)			
		R _{pil} -5h	R _{pil} -7h	R _{demo} – 12h	R _{real} – 13h
Concentração de saturação (C _{sat} – mg.L ⁻¹)	P1	12,7	14,1	15,4	16,6
	P2	13,4	14,8	17,8	19,0
CH ₄ diss (mg.L ⁻¹)	P1	18,7	21,8	19,6	16,0
	P2	20,0	21,7	19,2	20,7
Grau de saturação	P1	1,47	1,55	1,27	0,96
	P2	1,50	1,47	1,08	1,20

Cabe ressaltar ainda que a distribuição das parcelas de metano dissolvido e metano presente no biogás estiveram também de acordo com o reportado na literatura, que indica perdas de metano dissolvido de até 40% do total produzido (van Haandel e Lettinga, 1994; Souza, 2010) (Figura 5).

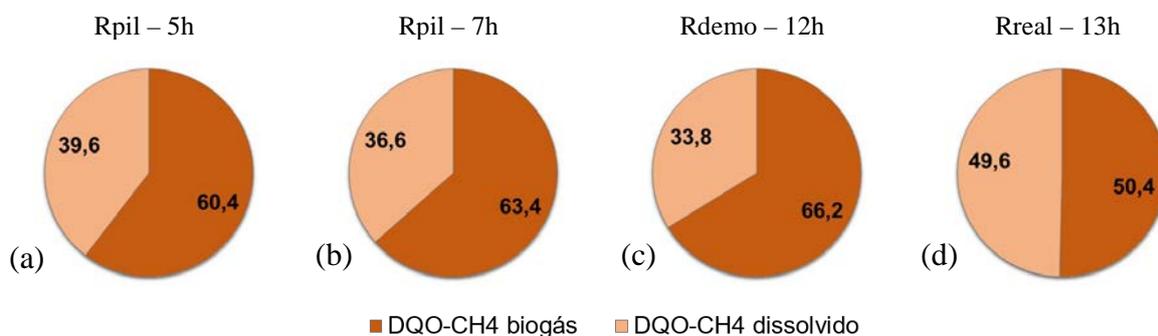


Figura 5 - Distribuição do metano produzido nos reatores UASB

*Os resultados acima referem-se aos dados de CH₄ dissolvido do ponto de maior profundidade da zona de decantação

CONCLUSÕES

As concentrações de metano no biogás estiveram dentro do esperado para reatores UASB tratando esgoto doméstico, com médias 62,9, 69,9, 74,2 e 83,4%_{v/v}, para os reatores piloto com TDH 5h, piloto com TDH 7h, reator demonstração com TDH 12h e reator em escala real com TDH 13h, respectivamente.

A partir do balanço de massa para DQO convertida a metano, encontrou-se que o metano presente no biogás representou 60,4, 63,4, 66,2 e 50,4% do total de metano produzido, para os reatores piloto com TDH 5h, piloto com TDH 7h, reator demonstração com TDH 12h e reator em escala real com TDH 13h, respectivamente. Como consequência, as concentrações de metano dissolvido no efluente dos reatores variaram de 33,8 a 49,6% do total de metano produzido, confirmando os valores reportados na literatura especializada.

Em relação às concentrações de metano dissolvido, foram encontrados valores significativamente mais elevados nos pontos de maior profundidade da zona de decantação apenas no reator piloto com TDH de 5h e no reator em escala real. A não observância de diferenças significativas entre os pontos de maior e menor profundidade, nos demais reatores, indica a necessidade de mais estudos a fim de que se possa compreender com clareza qual é de fato a influência que a coluna hidráulica provoca nas concentrações de metano dissolvido.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao suporte no desenvolvimento da pesquisa e na sua divulgação dado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG. Também importa agradecer a outras instituições: Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq; Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA; Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater, 18 th edition. Washington DC.: American Public Health Association, 2012.
2. CHERNICHARO, C. A. L. VAN LIER , J. B. NOYOLA , A. RIBEIRO, T. B. Anaerobic sewage treatment: state of the art, constraints and challenges. *Environmental Science Biotechnology* (2015) 14:649–679.
3. CHERNICHARO, C. A. L. Reatores anaeróbios. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. 380 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v.5).
4. MELO, D. F.; MACHADO, L. M.; SOUZA, C. L. Estudo da produção de biogás em reator UASB tratando esgoto doméstico em regime de vazão variável. In: XVII SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2016. Florianópolis. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária. 2016.
5. NELTING, K., CAICEDO, C., WEICHHREB, D., ROSENWINKEL, K-H. Influence of UASB reactor configuration and operation conditions on dissolved methane quantities in the effluent.
6. PECORA, V. Implementação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento de esgoto residencial da USP: estudo de caso. 2006. 153 p. Dissertação (Mestrado em Energia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
7. SOUZA, C. L. Estudo das rotas de formação, transporte e consumo dos gases metano e sulfeto de hidrogênio. 2010. 147 p f. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.
8. SOUZA CL, CHERNICHARO C. A. L., AQUINO S.F., (2011) Quantification of dissolved methane in UASB reactors treating domestic wastewater under different operating conditions. *Water Science Technology*. 64(11):2259–2264.
9. VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G. Tratamento anaeróbico de esgotos - Um manual para regiões de climas quentes. Campinas Grande, Brasil.: Universidade Federal da Paraíba, 1994.