

Efeito do TDH na produção de metano a partir do esgoto sanitário em reator UASB sob condições mesófilas de temperatura

Effect of HRT in the production of methane from the sanitary sewer in UASB reactor
under temperature mesophile conditions

Pedro Herlleyson Gonçalves Cardoso^a

Mauro Batista Sampaio^b

Arthur Pereira Sales^c

^a Universidade Regional do Cariri – URCA; Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento pela UFAL. Doutorando em Química e Biotecnologia pela UFAL. Professor da URCA Iguatu. Colaborador do SAAE Iguatu. E-mail: pedroherlleyson@yahoo.com.br

^b Serviço Autônomo de água e Esgoto - SAAE Iguatu, CE; Biólogo pela UECE. Coordenador do Núcleo de Tratamento de Água e Esgoto do SAAE Iguatu. E-mail: saneamentoambiental@saae.iguatu.ce.gov.br

^c Universidade Federal do Ceará – UFC; Economista pela URCA. Mestrando em Economia Rural pela UFC. E-mail: artpsales@gmail.com

Recebido em: 19/06/2017 | Aceito em: 27/11/2017

ARTIGO

RESUMO

Para o desenvolvimento sustentável tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento é necessária a busca, desenvolvimento e incentivo de tecnologias que utilizem fontes renováveis de energia, possibilitando com isso a criação de fontes de suprimentos descentralizadas e em pequena escala. Neste contexto, este estudo verificou o efeito do Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) na produção de metano a partir do esgoto sanitário em reator tipo UASB sob condições mesófilas de temperatura. O processo no interior dos reatores consiste basicamente de um fluxo ascendente de esgotos por meio de um leito de lodo denso e de elevada atividade e com coleta do efluente na parte superior. A estabilização da matéria orgânica ocorre pela da passagem e mistura do esgoto no leito de lodo promovida pelo fluxo ascensional e das bolhas de gás formadas. Utilizou-se um reator do tipo UASB, em escala real. Testou-se o intervalo de TDH de 14 a 30 horas, na faixa mesófila de temperatura e pH tendendo a neutralidade. A partir dos resultados obtidos,

*Ciência e Sustentabilidade - CeS | Juazeiro do Norte,
v. 3, n. 2, p. 64-82, jul/jdez 2017 | ISSN 2447-4606*

observou-se o alinhamento ótimo que ocorreu no TDH de 18h, comprovando o processo de digestão anaeróbia ocorrido com a matéria orgânica. Neste TDH verificou-se uma eficiência de remoção de DQO de 87% e carga de DQO convertido em CH₄ de 82,59 Kg DQO CH₄/dia. Neste contexto, pode-se comprovar maior eficiência no sistema no TDH de 18h, comparado ao TDH de 14h ou 16h, onde obteve-se maior eficiência em relação a remoção de matéria orgânica, justificado pelo adequado ajuste ocorrido quando relacionou-se a eficiência de remoção, carga de DQO convertida em metano, isto no TDH de 18h. Neste contexto, pode-se concluir que os resultados alcançados indicaram um potencial significativo de produção de metano a partir da remoção da carga orgânica, com possibilidades de aproveitamento energético a partir de uma fonte renovável.

Palavras-chave: Reator UASB. Metano. Esgoto sanitário.

ABSTRACT

Sustainable development in both developed and developing countries requires the pursuit, development and encouragement of technologies that use renewable energy sources, thereby enabling decentralized and small-scale sources of supply. In this context, this study verified the effect of Hydraulic destruction time (RHT) on methane production from sanitary sewage in a UASB type reactor under temperature conditions. The process inside the reactors basically consists of an upward flow of sewage through a dense and high activity bed of sewage and top effluent collection. A stabilization of the organic matter occurs by the passage and mixing of sewage without bed of sludge promoted by the ascending flow and the formed gas bubbles. A real-scale UASB reactor was used. The RHT interval was tested from 14 to 30 hours, in the temperature range and pH tending to neutrality. From the results obtained, it was observed the optimum alignment that occurred not RHT of 18h, proving the anaerobic digestion process with an organic matter. In this RHT a COD removal efficiency of 87% and COD charge converted to CH₄ of 82.59 kg COD CH₄/day were found. In this context, it is possible to prove greater efficiency in the TDH system of 18h, compared to the RHT of 14h or 16h, where it was obtained greater efficiency in relation to the removal of organic matter, justified by the fixed adjustment when related to a Removal efficiency, COD load converted to methane, it is not RHT of 18h. In this context, it can be concluded that the results indicate a significant potential of methane production from the removal of the organic load, with possibilities of energy recovery from a renewable source.

Keywords: UASB. Methane. Sewage.

1 INTRODUÇÃO

O esgoto sanitário é composto normalmente por 99% de água e apenas cerca de 1% de material sólido. De forma simplificada, pode-se dizer que o propósito das Estações de Tratamento de Esgoto é retirar a maior parte desse material sólido da água, permitindo devolvê-la, mais limpa, à natureza. São estações que tratam as águas residuárias de origem ou característica doméstica, comumente chamadas de esgoto sanitário, cujo efluente líquido, após tratamento, normalmente é lançado em um corpo de água (mar, rio, córrego, lagoa etc.) devendo atender aos padrões de

qualidade de lançamento de efluentes, conforme a legislação vigente (BRAGA et al., 2005; BRASIL, 2006; VARGAS et al., 2008).

Tendo em vista a complexidade das características dos esgotos, os mesmos merecem um tratamento antes de serem lançados em meios aquáticos ou em disposição no solo, cujo tratamento tem a finalidade de eliminar constituintes que supostamente prejudicam a qualidade de vida da população causando doenças de veiculação hídrica. Outra importante razão para tratar os esgotos é a preservação do meio ambiente (SOUSA e LEITE, 2003; BRAGA et al., 2005).

Para o desenvolvimento sustentável tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento é necessária a busca, desenvolvimento e incentivo de tecnologias que utilizem fontes renováveis de energia, possibilitando com isso a criação de fontes de suprimentos descentralizadas e em pequena escala. Destaca-se que a produção de energia elétrica é considerada o setor mais poluente (OLIVEIRA, 2009). A produção de energia elétrica através da queima de combustíveis fósseis (termoelétricas) gera resíduos como óxido de enxofre, óxido de nitrogênio, dióxido de carbono, metano, monóxido de carbono e particulados. Já as usinas hidroelétricas produzem somente metano, mas a construção das represas com formação de grandes lagos interfere sobre os fluxos dos rios e implica na realocação das populações atingidas, configurando um grande problema social em muitos casos. Diante disso, é preciso investir em fontes alternativas para promover o desenvolvimento sustentável (GOLDEMBERG e VILLANUEVA, 2003; COLDEBELLA et al., 2006; OLIVEIRA, 2009).

Neste contexto, o uso de tecnologias renováveis tem sido viabilizado devido à redução da disponibilidade de recursos naturais e o aumento da preocupação com o meio ambiente. Entretanto algumas técnicas ainda tornam-se inviáveis, devido aos elevados custos de implantação se comparados aos modelos adotados atualmente. Contudo, entre essas técnicas, um método se destaca devido ao elevado potencial energético e viabilidade econômica: o reaproveitamento do biogás proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) (SOARES, 2011; VAN HAANDEL, 2015). No caso particular do Brasil, com o aumento da implantação de reatores e biodigestores anaeróbios para o tratamento de esgoto doméstico, é possível antever que a recuperação e o uso direto do biogás poderão ser bastante incrementados no futuro (LOBATO, 2011).

Neste sentido, tem-se o reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) que retêm biomassa através de um decantador localizado no topo do reator e os gases são separados por defletores localizados na base dos decantadores. Atualmente, é um dos reatores mais utilizados para o tratamento de efluentes. Destaca-se pela sua simplicidade e a não necessidade de material de enchimento. Foi um dos primeiros reatores a atingir altas taxas de aplicação de matéria orgânica. O biogás neste tipo de reator, origina-se no processo de transformação da matéria orgânica presente no afluente realizada pelas bactérias anaeróbias facultativas que residem no interior do reator, esse processo ocorre em quatro etapas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese, etapa esta que o metano é produzido (SOARES, 2011; VAN HAANDEL, 2015). O biogás gerado em reatores anaeróbicos é composto basicamente por metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), ácido sulfídrico (H₂S), hidrogênio (H₂) e amônia (NH₃). Sendo o metano o principal responsável por sua capacidade energética. A eficiência da estação de tratamento de esgoto, influenciado por fatores como: carga orgânica, pressão e temperatura durante a fermentação, faz com que o biogás contenha entre 40% e 80% de metano (COELHO et al., 2006; VAN HAANDEL, 2015).

De acordo com o exposto, este estudo verificou o efeito do Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) na produção de metano a partir do esgoto sanitário em reator tipo UASB sob condições mesófilas de temperatura.

2 METODOLOGIA

Classificação da Pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como aplicada quanto a sua natureza, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais. Quanto à forma de abordagem do problema caracteriza-se como qualitativa, pois não se preocupa com relação aos números, mas sim com relação ao aprofundamento e de como ela será compreendida pelas pessoas. Quanto aos fins da pesquisa, classifica-se como descritiva, pois procura descrever as características de determinadas populações ou fenômenos. Uma de suas peculiaridades está na utilização de técnicas padronizadas

de coleta de dados, tais como a observação sistemática (PRODANOV e FREITAS, 2013).

Quanto ao método de abordagem, ou seja, bases lógicas de investigação, o presente estudo classifica-se como hipotético-dedutivo, pois é um método que inicia-se com um problema ou uma lacuna no conhecimento científico, passando pela formulação de hipóteses e por um processo de inferência dedutiva, o qual testa a predição da ocorrência de fenômenos abrangidos pela referida hipótese. Quanto ao método de procedimentos, ou seja, meios técnicos da investigação, classifica-se em experimental, pois consiste, especialmente, em submeter os objetos de estudo à influência de certas variáveis, em condições controladas e conhecidas pelo investigador, para observar os resultados que a variável produz no objeto. Procura-se refazer as condições de um fato a ser estudado, para observá-lo sob controle. Para tal, ele se utiliza de local apropriado, aparelhos e instrumentos de precisão, a fim de demonstrar o modo ou as causas pelas quais um fato é produzido, proporcionando, assim, o estudo de suas causas e seus efeitos. Caracteriza-se por manipular diretamente as variáveis relacionadas com o objeto de estudo (PRODANOV e FREITAS, 2013).

Tratamento Anaeróbio Utilizado

Realizou-se tratamento anaeróbio do esgoto sanitário por meio de um reator anaeróbio de manta de lodo tipo UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket). Os reatores, em escala real, foram fabricados em material Plástico Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV). Atualmente os reatores são de responsabilidade de uma empresa que presta serviço na área de saneamento básico, localizada na região centro sul do Ceará.

Anteriormente do esgoto entrar nos reatores, o mesmo passa por um tratamento preliminar, que consiste em gradeamento para retenção de sólidos grosseiros e caixa de areia para remoção de areia. O espaçamento entre barras do gradeamento é de 1" e a espessura das barras é de 3/8".

No início do estudo, realizou-se descarga de lodo em excesso do reator para obter a concentração dos sólidos suspensos voláteis, visando a caracterização do mesmo e estimativa da quantidade de microorganismos ativos aptos a degradação da matéria orgânica.

Características dos Reator UASB

Possui 5 m de diâmetro, 5,2 m de altura total, sendo 4,5 m de altura útil, e volume de 88,31 m³. Existem 3 registros de amostras, que servem também para descarga do lodo excedente, situam-se a 0,20 m, 0,90 m e 1,90 m da base do reator. Este reator encontra-se instalado geograficamente a UTM 467.951 mE 9.296.021 mS. Trata o esgoto predominantemente sanitário proveniente de 117 ligações derivadas do sistema de esgotamento sanitário de parte da cidade onde o mesmo está localizado, observado uma vazão média de contribuição de aproximadamente 88 m³ por dia. A Figura 1 ilustra o reator.

Figura 1: Vista do reator UASB, em escala real.

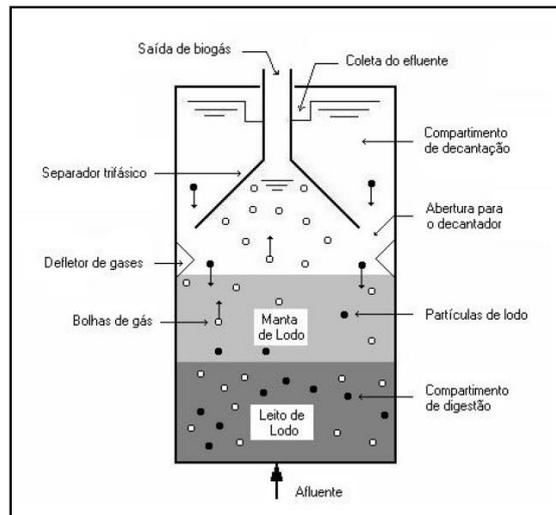


Fonte: Acervo pessoal (2014).

Funcionamento do Reator UASB

O processo consiste basicamente de um fluxo ascendente de esgotos por meio de um leito de lodo denso e de elevada atividade e com coleta do efluente na parte superior do reator. No fundo do reator há a formação de um leito de lodo mais denso até um lodo mais disperso próximo ao topo do reator. A estabilização da matéria orgânica ocorre pela da passagem e mistura do esgoto no leito de lodo promovida pelo fluxo ascensional e das bolhas de gás formadas. A Figura 2 exibe a ilustração esquemática do reator.

Figura 2: Ilustração esquemática do reator tipo UASB



Fonte: Chernicharo (2007).

O reator UASB, submetido a uma vazão de esgoto, passa a desenvolver, no seu interior, uma população de microorganismos adaptados às condições do meio (pH, temperatura, substrato, carga hidráulica, etc) e evoluem formando grânulos, que são agregados de biomassa que ficam suspensos na massa líquida. A boa performance do reator UASB está diretamente relacionada a formação e desenvolvimento da granulação da biomassa de alta atividade, que será a responsável pela degradação da matéria orgânica do esgoto. Ao longo do perfil vertical do reator UASB, o lodo (constituído dos grânulos de agregados de biomassa) varia a sua concentração. No fundo é formado um lodo mais denso e com capacidade elevada de sedimentação (leito de lodo), variando, gradativamente, até um lodo mais leve e disperso no topo do reator (manta de lodo). O fluxo ascensional é o responsável por realizar a mistura de substrato com a biomassa e neste contato é que é promovida a estabilização da matéria orgânica ao longo do leito e da manta de lodo. Após a passagem pela zona de reação, o esgoto, por um mecanismo de separação de gases, encaminha os gases formados pelo processo (biogás) para o compartimento de saída de gases, onde é liberado na superfície da massa líquida. De outro lado, o esgoto, já sem os gases dissolvidos, são encaminhados para compartimentos de decantação. Neste compartimento de decantação o fundo tem uma inclinação onde os sólidos vão se depositando e, quando o peso dos flocos formados vence a força de atrito, eles deslizarão encaminhando-se de volta ao compartimento de digestão (RISSOLI, 2014).

Variáveis Analisadas

Buscando otimizar a produção de metano, experimentou-se oito valores de TDH distintos, seguindo a ordem de 14 a 20h e posteriormente testou-se o TDH de 30h.

O TDH é o tempo que o substrato leva desde a entrada no reator até a saída do mesmo, ou seja, é o tempo de reação deste com os micro-organismos presentes dentro do reator (CHERNICHARO, 2007).

Para cada TDH analisado calculou-se a vazão de aplicação, carga hidráulica volumétrica e velocidade ascensional. A Tabela 1 descreve as características reacionais do reator na produção de metano.

Tabela 1 – Características operacionais do reator UASB em função do TDH

	TDH 14h	TDH 15h	TDH 16h	TDH 17h	TDH 18h	TDH 19h	TDH 20h	TDH 30h
Vazão (m ³ /dia)	99,20	97,54	86,17	82,47	79,84	75,34	70,88	47,58
CHV (m ³ /m ³ .dia)	1,12	1,10	0,98	0,93	0,90	0,85	0,80	0,54
VA (m/h)	0,32	0,31	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23	0,15

TDH: Tempo de Detenção Hidráulico. CHV: Carga Hidráulica Volumétrica. VA: Velocidade Ascensional.

Realizou-se verificações de pH, temperatura e DQO, visando monitorar a estabilidade operacional do reator, como também a taxa de conversão (remoção) de carga orgânica, visando relacionar com a produção de metano. A Tabela 2 exhibe as variáveis que foram analisadas ao longo do experimento para cada TDH analisado e seus respectivos métodos.

Tabela 2 – Variáveis analisadas ao longo do monitoramento dos reatores

Variável	Unidade	Método
DQO	mg/L	Refluxação Fechada - Modificado - (5220 - B)
pH	-	Eletrométrico (4500 - H+B)
Temperatura	°C	Filamento de Mercúrio (2550 - A)

DQO: Demanda Química de Oxigênio. pH: Potencial Hidrogeniônico.

Produção Teórica de Metano nos Reatores UASB

Verificou-se a produção de metano segundo Chernicharo (2007) com base na Equação 1, onde teoricamente 64g de DQO produzem 16g de CH₄. Nas CNTP 0,35 L CH₄/g DQO. A Equação 2 mostra a relação da produção teórica de metano por grama de DQO removida. A Equação 3 exibe como verificou-se o fator de correção de temperatura operacional. Verificou-se a produção teórica de metano nos reatores UASB segundo a frequência das verificações da variável DQO.



$$V_{\text{CH}_4} = \text{DQO}_{\text{CH}_4} / K_t \quad (2)$$

Onde:

V_{CH_4} = volume de CH₄ produzido (L)

DQO_{CH_4} = DQO removida ou convertida a CH₄ (gDQO)

K_t = fator de correção de temperatura operacional (g/DQO/L)²⁰

$$K_t = (P \cdot K) / R (273 + t) \quad (3)$$

Onde:

P = pressão atmosférica (1atm)

K = DQO correspondente a 1 mol de CH₄ (64g DQO / mol CH₄)

R = constante de gases (0,08206 atm.L / mol.°K)

t = temperatura operacional do reator (°C)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estabilidade Operacional

Observou-se na evolução dos valores de temperatura e pH em função do TDH que os mesmos convergem à faixa mesófila de temperatura e neutralidade no pH. A Tabela 3 delinea os valores verificados ao longo do experimento.

Tabela 3 – Valores de pH e temperatura em função do TDH verificados em campo

TDH (h)	pH Afluente	pH Efluente	Temperatura Afluente (°C)	Temperatura Efluente (°C)
14	6,68	6,85	28,5	29,0
15	7,28	7,13	30,0	29,0
16	7,15	7,02	27,0	27,5
17	6,56	7,01	31,0	30,0
18	5,95	6,74	29,0	29,5
19	7,02	7,15	28,0	29,5
20	6,85	6,88	29,0	29,0
30	6,77	6,98	30,0	30,0

TDH: Tempo de Detenção Hidráulica. pH: Potencial Hidrogeniônico.

Verificando a estabilidade operacional do reator, observou-se que o pH médio estabilizou-se em $6,78 \pm 0,41$ na entrada do reator (afluente), e $6,97 \pm 0,14$ na saída (efluente). A temperatura reacional concentrou-se na faixa mesófila, verificando valores médios de $29,1^\circ\text{C} \pm 1,3$ no afluente e $29,2^\circ\text{C} \pm 0,8$ no efluente. A Tabela 4 detalha os valores médios, máximos e mínimos de pH e temperatura verificados.

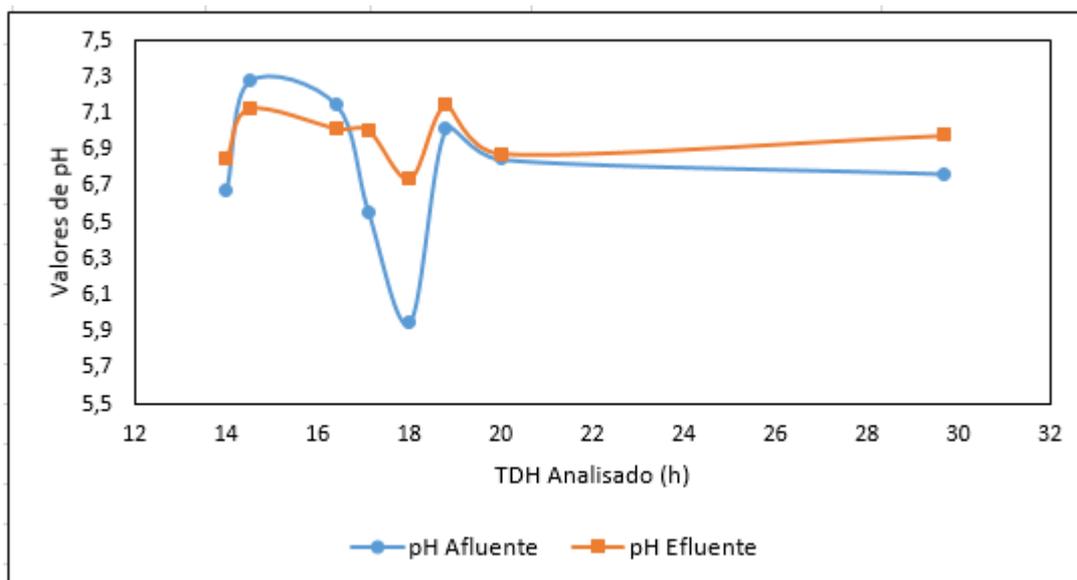
Tabela 4 – Valores médios, máximos e mínimos de pH e temperatura verificados em campo

Valores	pH Afluente	pH Efluente	Temperatura Afluente (°C)	Temperatura Efluente (°C)
Máximo	7,28	7,15	31,0	30,0
Mínimo	5,95	6,74	27,0	27,5
Média	6,78	6,97	29,1	29,2
Desvio Padrão	0,41	0,14	1,3	0,8

pH: Potencial Hidrogeniônico.

A Figura 3 ilustra o monitoramento dos dados de pH resultante afluente e efluente do reator. Notou-se que no afluente, o mesmo variou de 5,95 (TDH = 18h) a 7,28 (TDH = 15h) e o efluente obteve uma variação de 6,74 (TDH = 18h) a 7,15 (TDH = 19h). Estes valores demonstraram o bom tamponamento do sistema, o que contribuiu positivamente para o desenvolvimento de bactérias (CHERNICHARO, 2007).

Figura 3 – Ilustração dos dados dos resultados de pH afluente e efluente do reator



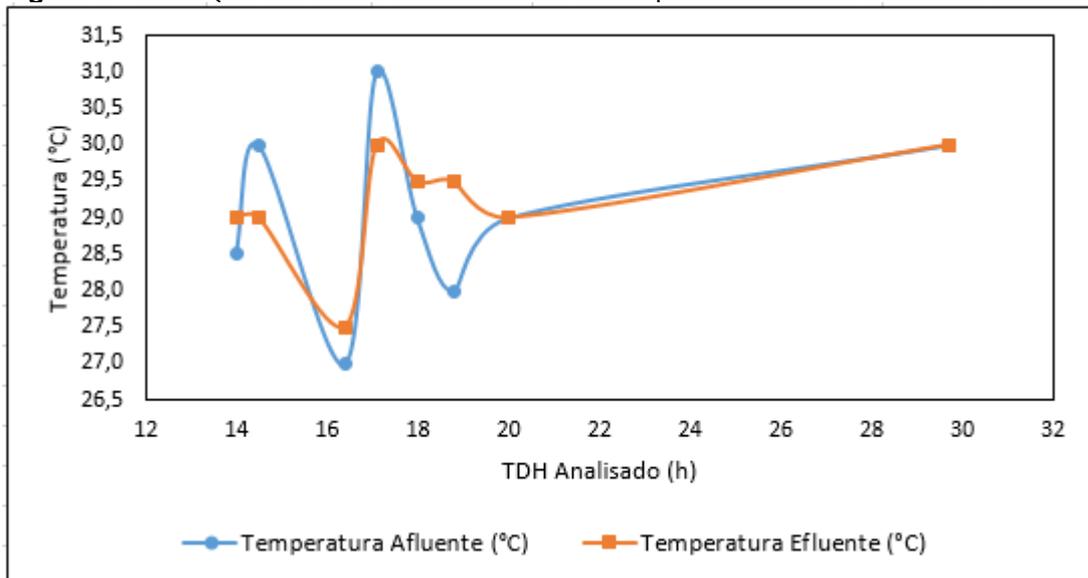
Fonte: Dados da pesquisa.

Uma alta taxa de metanogênese ocorre somente quando o pH se mantém em uma faixa próxima do valor neutro. Por isso o controle do pH nos reatores anaeróbios é de extrema importância. Um pH menor que 6,3 ou maior que 7,8, provoca uma diminuição da taxa de metanogênese (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994).

A instabilidade no reator poderá acontecer se os ácidos produzidos na acidogênese não estiverem sendo removidos na metanogênese, ocasionando o chamado “azedamento” do reator, caracterizado pela elevada produção líquida de ácidos (LIMA, 2005).

A Figura 4 mostra o monitoramento dos dados de temperatura afluente e efluente do reator. Notou-se que no afluente, o mesmo variou de 27°C (TDH = 16h) a 31°C (TDH = 17h) e o efluente obteve uma variação de 27,5°C (TDH = 16h) a 30°C (TDH = 17 e 30h). Pode-se dizer que o reator analisado, assim como os valores de pH, os dados de temperatura não houve uma variação significativa.

Figura 4 – Ilustração dos dados dos resultados de temperatura afluente e efluente do reator



Fonte: Dados da pesquisa.

A digestão anaeróbia depende fortemente da temperatura, pois influencia a seleção das espécies que não possuem meios de controlar a temperatura interna. Três faixas de temperatura podem estar associadas à digestão anaeróbia, uma na faixa psicrófila (0 a 20°C) faixa mesófila (20 a 45°C) e a outra na faixa termófila (45 a 70°C). A operação de reatores anaeróbios próximos à temperatura ótima pode levar a uma considerável redução nas dimensões do reator. No entanto, mudanças bruscas de temperatura podem levar a um desbalanceamento entre as bactérias acidogênicas e bactérias metanogênicas (CHERNICHARO, 2007).

Além de influenciar as taxas de digestão, a temperatura vai afetar a fração de sólidos orgânicos que podem ser metabolizados no processo de digestão anaeróbia. A fração digerida diminui consideravelmente com a temperatura, o que pode ser atribuída a uma baixa taxa de hidrólise, fazendo com que as grandes partículas sólidas não sejam quebradas. Apesar disso, é possível que o material orgânico particulado seja incorporado à manta de lodo através da adsorção, decantação ou floculação (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994).

No que diz respeito a carga inserida no reator, pode-se verificar que houve uma variação na DQO afluente, observando uma amplitude de 2695,65 mg/L a 335,00 mg/L. Observou-se uma amplitude na DQO efluente de 252,17 mg/L a 73,00 mg/L. Notou-se que os valores de DQO efluente tenderam a uma estabilidade, ocorrência esta que difere dos valores de DQO afluente, observando uma diferença, fato este que deve-se a variabilidade das concentrações na entrada da estação de tratamento. A Tabela 5 detalha todos os valores afluente e efluente experimentadas no reator.

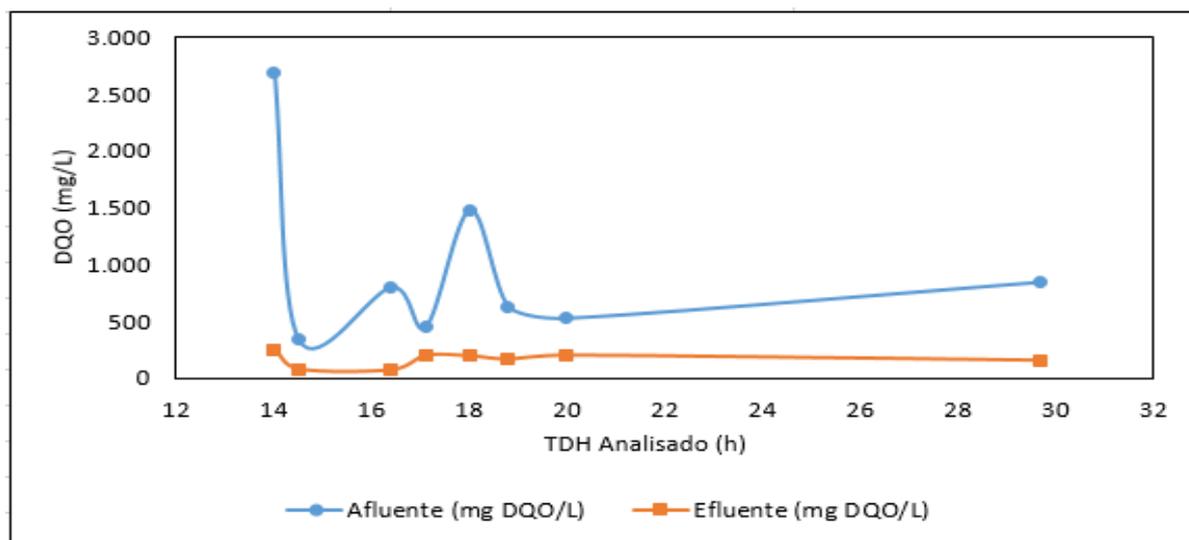
Tabela 5 – Valores de DQO afluente e efluente verificados em laboratório em função do TDH

TDH (h)	Afluente (mg DQO/L)	Efluente (mg DQO/L)
14	2695,65	252,17
15	335,00	78,57
16	800,00	73,00
17	451,00	199,00
18	1480,00	194,00
19	625,00	165,00
20	527,27	200,00
30	843,75	156,25

TDH: Tempo de Detenção Hidráulica. DQO: Demanda Química de Oxigênio.

A Figura 5 ilustra a evolução dos dados, na qual observa-se que os dados da DQO afluente tendem a variar mais que o efluente. Cardoso et al. (2016) em estudo semelhante em reator UASB, verificou variação de DQO afluente de 1480,00 mg/L a 451 mg/L, já a DQO efluente, neste mesmo estudo, observou-se amplitude de 278,91 mg/L a 160,00 mg/L.

Figura 5 – Ilustração dos dados resultante de DQO afluente e efluente do reator



Fonte: Dados da pesquisa.

No que tange a relação da eficiência de remoção e temperatura operacional, a Tabela 6 mostra que houve uma variação de 91% (TDH = 14h e 16h) a uma temperatura operacional de 29,0 e 27,5°C respectivamente, a 56% (TDH = 17h) a uma temperatura operacional de 30,0°C.

Tabela 6 – Valores da relação entre a temperatura operacional e eficiência de remoção em função do TDH

TDH (h)	Temperatura Operacional (°C)	Eficiência de Remoção (%)
14	29,0	91
15	29,0	77
16	27,5	91
17	30,0	56
18	29,5	87
19	29,5	74
20	29,0	62
30	30,0	81

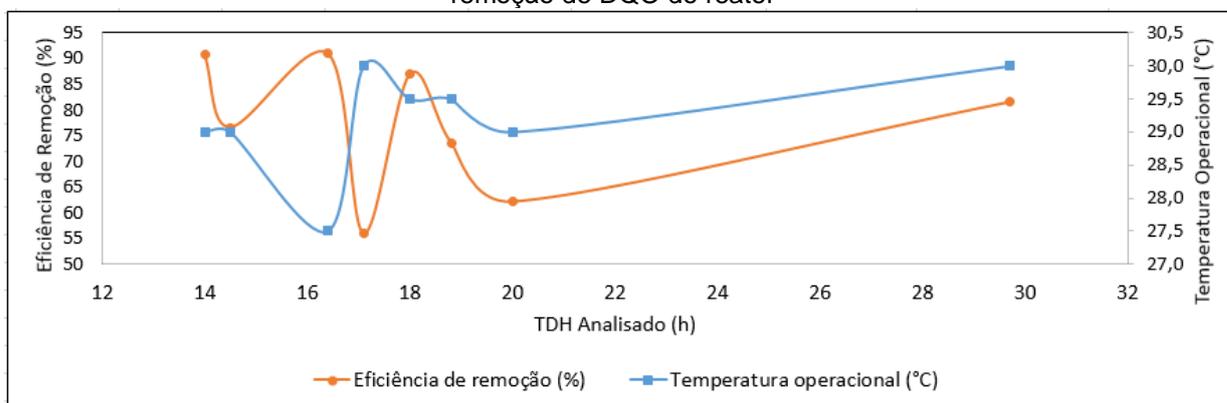
TDH: Tempo de Detenção Hidráulica.

Segundo von Sperling (2005), os reatores UASB podem apresentar eficiência de remoção de matéria orgânica da ordem de 60% a 80%. Cardoso et al. (2016) em estudo semelhante em reator UASB, verificou eficiência média de remoção de DQO de 69,96 % a uma temperatura operacional de 29,2°C.

Segundo Chernicharo (2007), a adequada degradação dos efluentes por qualquer processo biológico depende da manutenção de um ambiente favorável para os micro-organismos, incluindo o controle e a eliminação de constituintes tóxicos. A toxicidade tem sido considerada uma das principais razões para a não aplicação de processos anaeróbios, pois as bactérias metanogênicas são facilmente inibidas por toxinas, devido a sua pequena fração de substratos sintetizado em células e ao elevado tempo de geração dessas bactérias. Os micro-organismos possuem um grau de adaptação a concentrações inibitórias, desde que certas condições de projeto sejam favorecidas como elevados tempos de residência de sólidos e minimização do tempo de residência das toxinas no sistema.

A Figura 6 ilustra a evolução dos dados, na qual observa-se que houve uma queda na eficiência no TDH 17h. De acordo com Salomon (2007), nenhuma das atividades biológicas dos micro-organismos, inclusive, seu desenvolvimento, reprodução e metabolismo, exige oxigênio, que em cuja presença são eles, de fato, muito sensíveis. A decomposição de matéria orgânica na presença de oxigênio produz dióxido de carbono (CO₂); na ausência de oxigênio produz metano. Se o biodigestor não estiver perfeitamente vedado a produção de biogás é inibida e conseqüentemente há uma queda na eficiência do reator.

Figura 6 – Ilustração dos dados resultante da relação da temperatura operacional e eficiência de remoção de DQO do reator



Fonte: Dados da pesquisa.

No que diz respeito a relação entre a eficiência de remoção, carga de DQO convertido em metano e a relação entre ambos em função do TDH, observou-se a maior relação no TDH de 15h, que caracteriza uma maior amplitude do valor de eficiência de remoção (77%) e a carga de DQO convertida em metano (19,46 Kg DQO CH₄/dia). Verificou-se uma relação ótima no TDH de 18h, quando observou-se

uma relação da Eficiência de remoção/Carga de DQO de 1,05. A Tabela 7 detalha os valores calculados em função do TDH.

Tabela 7 – Valores da relação entre a eficiência de remoção, carga de DQO convertido em metano e a relação entre ambos em função do TDH

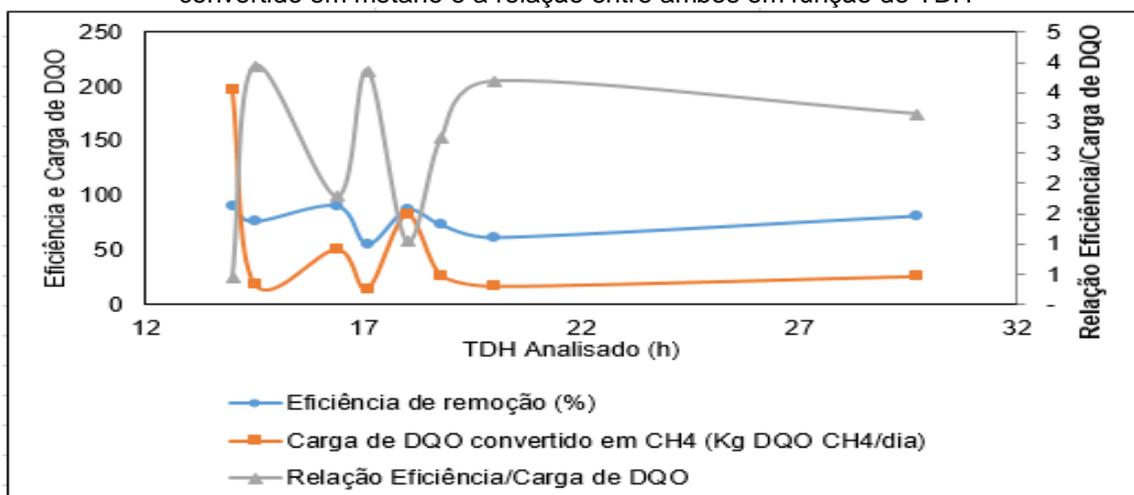
TDH (h)	Eficiência de remoção (%)	Carga de DQO convertido em CH ₄ (Kg DQO CH ₄ /dia)	Relação Eficiência/Carga de DQO
14	91	196,93	0,46
15	77	19,46	3,93
16	91	50,93	1,78
17	56	14,46	3,86
18	87	82,59	1,05
19	74	26,65	2,76
20	62	16,84	3,69
30	81	25,89	3,15

TDH: Tempo de Detenção Hidráulica. DQO: Demanda Química de Oxigênio.

A Figura 7 exibe o comportamento da relação entre a eficiência de remoção, carga de DQO convertida em metano e a relação entre ambos em função do TDH. Observou-se nesta ilustração o alinhamento ótimo que ocorreu no TDH de 18h, comprovando o processo ocorrido com a matéria orgânica. Neste TDH verificou-se uma eficiência de remoção de DQO de 87% e carga de DQO convertido em CH₄ de 82,59 Kg DQO CH₄/dia.

Neste contexto, pode-se comprovar maior eficiência no sistema no TDH de 18h, comparado ao TDH de 14h ou 16h, justificado pelo adequado ajuste ocorrido quando relacionou-se a eficiência de remoção, carga de DQO convertida em metano.

Figura 7 – Ilustração dos dados resultante da relação entre a eficiência de remoção, carga de DQO convertido em metano e a relação entre ambos em função do TDH



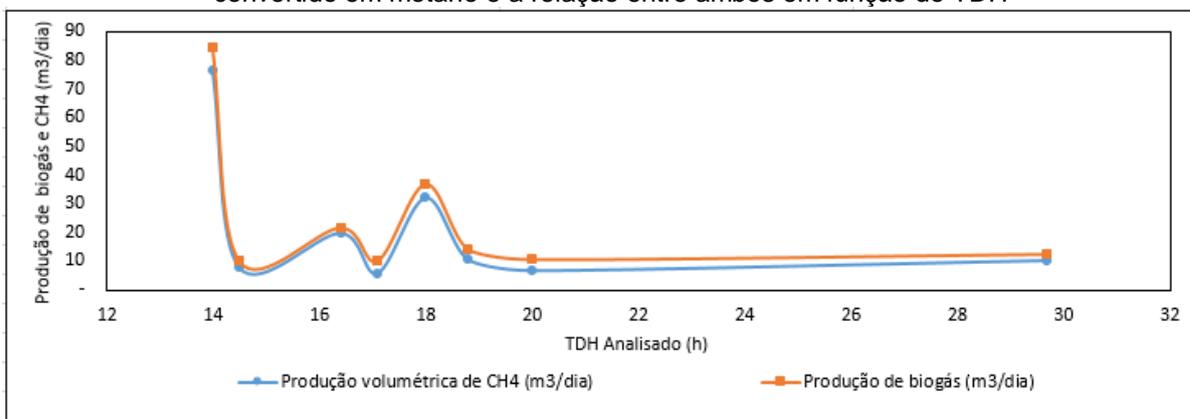
Fonte: Dados da pesquisa.

Cardoso et al. (2016) em estudo similar, verificou 94% de eficiência de remoção de DQO e carga de DQO convertida em metano de 49,67 Kg DQO CH₄/dia, observando uma relação entre ambos de 1,8 em um TDH de 17,5h.

Produção de Biogás e Metano

A Figura 8 ilustra o monitoramento dos resultados da produção do biogás e metano em função do TDH. Verificou-se que a produção volumétrica de metano variou entre os TDHs de 14h e 20h, que a partir deste houve uma coincidência, quando observou-se o TDH de 30h, como acontece também entre os valores de 15 e 17 h. Como o biogás tem outros gases além do metano, os valores destes tenderam ser maiores que os valores do metano.

Figura 8 – Ilustração dos dados resultante da relação entre a eficiência de remoção, carga de DQO convertido em metano e a relação entre ambos em função do TDH



Fonte: Dados da pesquisa.

4 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, observou-se o alinhamento ótimo que ocorreu no TDH de 18h, comprovando o processo de digestão anaeróbia ocorrido com a matéria orgânica. Neste TDH verificou-se uma eficiência de remoção de DQO de 87% e carga de DQO convertido em CH₄ de 82,59 Kg DQO CH₄/dia.

Neste contexto, pode-se comprovar maior eficiência no sistema no TDH de 18h, comparado ao TDH de 14h ou 16h, onde obteve-se maior eficiência em relação a remoção de matéria orgânica, justificado pelo adequado ajuste ocorrido quando

relacionou-se a eficiência de remoção, carga de DQO convertida em metano, isto no TDH de 18h.

Pode-se concluir que os resultados alcançados indicaram um potencial significativo de produção de metano a partir da remoção da carga orgânica, com possibilidades de aproveitamento energético a partir de uma fonte renovável.

REFERÊNCIAS

CARDOSO, P. H. G.; SAMPAIO, M. B.; BEZERRA, E. L. Tratamento de Esgoto Sanitário em Reator UASB: efeito da eficiência de remoção de Demanda Química de Oxigênio. **Anais...** Congresso Acadêmico Integrado de Inovação e Tecnologia - CAIITE, Maceió, AL, 2016.

CARDOSO, P. H. G.; SAMPAIO, M. B.; BEZERRA, E. L.; MILHOME, M. A. L. Produção de metano a partir do tratamento de esgoto sanitário visando energia alternativa. **Ciência e Sustentabilidade – CeS**, ISSN 2447-4606, v. 2, n. 1, p. 23-40, jan/jun, Juazeiro do Norte, 2016.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFMG, Belo Horizonte, Brasil, 2007, 245 p.

COELHO, S. T.; VELÁZQUEZ, S. M. S. G.; SILVA, O. C da.; ABREU, F C de. Geração de energia elétrica a partir do biogás proveniente do tratamento de esgoto utilizando um grupo gerador de 18 kW. **Anais...** V CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO. Brasília, DF. 2006, 12f.

COLDEBELLA, A.; SOUZA, S. N. M.; SOUZA, J.; KOHELER, A. C.; **Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bovinocultura de leite**. Agrener, 2006.

GOLDEMBERG, J.; VELLANUEVA, L. D.; **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 2. Ed. Ver., 2003, 226 p.

LIMA, F. P. **Energia no tratamento de esgoto: Análise tecnológica e institucional para conservação de energia e uso de biogás**. Dissertação (Mestrado em Energia). Programa Interunidades de pós-graduação em Energia da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

LOBATO, L. C. da S. **Aproveitamento energético de biogás gerado em reatores UASB tratando esgoto doméstico.** Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG. 2011, 187f.

OLIVEIRA, R. D. **Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido pela fermentação anaeróbia de dejetos em abatedouro e as possibilidades no mercado de carbono.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, SP. 2009, 98f.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C de. **Metodologia do trabalho científico métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico.** [recurso eletrônico] 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RISSOLI, C. A. **Estudo de parâmetros operacionais do reator UASB tratando esgoto doméstico e avaliação da biodegradabilidade do seu efluente.** 143f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2014.

SALOMON, K. R. **Avaliação Técnico-Econômica e ambiental da utilização do Biogás Proveniente da Biodigestão da Vinhaça em Tecnologias para Geração de Eletricidade.** Tese (Doutorado em engenharia mecânica). Universidade Federal de Itajubá. Itajubá. Pg, 38-39, 2007, 247f.

SOARES, C. F. **Análise da viabilidade do uso de biogás gerado em reator UASB para geração de energia elétrica.** Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental). Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira. Itabira, MG. 2011, 65f.

VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G. **Tratamento anaeróbio de esgoto: Um manual para regiões de clima quente.** Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB, Brasil, 1994.

VAN HAANDEL, A.; SANTOS, S. L dos.; CHAVES, S. R. M.; COSTA, J. W. N da. Influência do projeto do separador de fases sobre o desempenho do reator UASB no tratamento de águas residuárias municipais. **Revista DAE.** Set-Dez, P. 64-75, 2015.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos.** Volume 2 , Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, Belo Horizonte, Brasil, 2005, 211 p.