

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS FRANCISCO BELTRÃO
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

RAQUEL PRESTES MASSUCATTO

**INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE NA QUALIDADE DO BIOGÁS GERADO
NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA SANEPAR
DE FRANCISCO BELTRÃO – PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

FRANCISCO BELTRÃO

2017

RAQUEL PRESTES MASSUCATTO

**INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE NA QUALIDADE DO BIOGÁS GERADO
NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA SANEPAR
DE FRANCISCO BELTRÃO – PR**

Projeto referente ao Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Francisco Beltrão, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Bortoli

FRANCISCO BELTRÃO

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Francisco Beltrão



Curso de Engenharia Ambiental

TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC2

**INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE NA QUALIDADE DO BIOGÁS
GERADO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA SANEPAR
DE FRANCISCO BELTRÃO – PR**

por

Raquel Prestes Massucatto

Trabalho de Conclusão de Curso 2 apresentado às 17 horas e 30 min., do dia 04 de Dezembro de 2017, como requisito para aprovação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Prof. Dra. Denise Andreia Szymczak
Coordenadora do Curso de
Engenharia Ambiental

Prof. Dr. Marcelo Bortoli
Professor Orientador

**Prof^a. Dr^a. Irede Angela Lucini
Dalmolin**
Membro da Banca

**Prof^a. Msc. Priscila Conceição
Ribeiro**
Membro da Banca

Prof. Dra. Denise Andréia Szymczak
Professor do TCC2

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental”

RESUMO

MASSUCATTO, Raquel Prestes. Influência da sazonalidade na qualidade do biogás gerado na estação de tratamento de esgoto da SANEPAR de Francisco Beltrão – PR. 2017. 34f. Trabalho de conclusão de curso (Curso Superior de Engenharia Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2017.

O tratamento de esgoto sanitário já utiliza metodologias e equipamentos bem estabelecidos do ponto de vista comercial. No entanto, nos últimos anos, o apelo pelas energias renováveis trouxe discussões quanto ao aproveitamento do biogás gerado nas estações de tratamento de esgoto (ETE). O estudo analisou a ETE da SANEPAR de Francisco Beltrão – PR, onde ocorre o tratamento biológico do esgoto doméstico por meio da degradação de microrganismos de forma anaeróbia dentro dos reatores UASB, que em condições favoráveis resulta em dois subprodutos: lodo e gás. O trabalho teve como ênfase coletar esse gás gerado, denominado biogás, durante os meses de junho a outubro de 2017, para análise de concentração de metano (CH_4), gás carbônico (CO_2), amônia (NH_3) e gás sulfídrico (H_2S), utilizando-se o Kit Análise de Biogás com Biofoto Microprocessado® Alfakit, com o método colorimétrico e o método de Orsat. A partir da classificação desses dados, encontraram-se médias em porcentagem que comparadas à literatura, estavam de acordo com a maioria dos autores estudados tratando-se de gás carbônico e desacordo tratando-se de amônia e gás sulfídrico. Em relação ao metano, com média alta de 84,66%, encontrou-se de acordo apenas com um autor da bibliografia. O biogás da estação de tratamento é apto a gerar biogás pelas amostras analisadas.

Palavras-chave: Biogás. Reator UASB. Digestão Anaeróbia. Esgoto Sanitário.

ABSTRACT

MASSUCATTO, Raquel Prestes. Influence of seasonality on the quality of biogas produced in the SANEPAR sewage treatment plant in Francisco Beltrão – PR. 2017. 34f. Course Conclusion Paper (Graduation Course on Environmental Engineering), Federal Technological University of Paraná. Francisco Beltrão, 2017.

The sanitary sewage treatment already utilizes methods and equipment which are well-established in the commercial perspective. However, in the past few years, the appeal for renewable energy sources brought up the debate around the exploitation of biogas produced in sewage treatment plants (STP). This study analyzed the SANEPAR STP in Francisco Beltrão – PR, where the biological treatment of domestic sewage occurs through the anaerobic degradation of microorganisms inside the UASB reactors, which results in two byproducts when under favorable conditions: mud and gas. The study emphasized on the harvesting of the produced gas, denominated biogas, during the months of July to October 2017, in order to assess the concentration of methane (CH₄), carbon gas (CO₂), ammonia (NH₃) and sulfidric gas (H₂S). It was used the Alfakit Biogas Analysis with Microprocessed Biofoto Kit[®], utilizing the colorimetric method and the Orsat method. The classification of the data made possible to identify averages on the percentage, which were compared to the literature and they were identified as in accordance with the majority of authors when referring to carbon gas, but they in conflict with them when related to ammonia and sulfidric gas. With respect to methane, with a high rate of 84,66%, it was pointed as in accordance with only one author of the bibliography.

Keywords: Biogas. UASB Reactor. Anaerobic Digestion. Sanitary Sewage.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	9
2.1 OBJETIVO GERAL	9
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
4 REVISÃO DE LITERATURA	10
4.1 GERAÇÃO DE ESGOTO.....	10
4.1.1 Caracterização do esgoto sanitário	10
4.2 TRATAMENTOS DE ESGOTO SANITÁRIO	10
4.2.1 Tratamento biológico de esgoto	11
4.2.2 Respiração dos microrganismos heterótrofos	12
4.3 DIGESTÃO ANAERÓBIA	12
4.3.1 Fatores que influenciam a digestão anaeróbia.....	14
4.3.1.1 Temperatura	14
4.3.1.2 pH	15
4.3.1.3 Umidade	15
4.3.1.4 Nutrientes	15
4.3.1.5 Tempo de retenção hidráulica (TRH).....	16
4.4 BIOGÁS	16
5 MATERIAL E MÉTODOS	19
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ETE MARRECAS.....	19
5.2 COLETA DE AMOSTRAS	20
5.3 ANÁLISE DOS GASES.....	22
6 RESULTADOS	27
6.1 METANO	28
6.2 GÁS CARBÔNICO.....	29
6.3 AMÔNIA.....	30
6.4 GÁS SULFÍDRICO.....	31
CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

O consumo de energia vem crescendo a cada ano e a procura por novos meios de geração de energia está se ampliando, principalmente a busca por energias renováveis. Dentro das energias renováveis, se destaca o biogás, que vem sendo estudado para ser uma nova alternativa, principalmente, devido a sua composição, rico em metano, que possui grandes propriedades energéticas. Zilotti (2012) comenta que, o uso da biomassa residual significa uma fonte de energia empregada de forma sustentável, e além do mais, seria uma magnífica diversificação do quadro energético do Brasil.

O biogás é formado a partir da decomposição anaeróbia (ausência de oxigênio) de matéria orgânica, gerando uma mistura de gases, principalmente, metano e dióxido de carbono. Este processo ocorre naturalmente em pântanos ou no trato digestivo de animais, ou seja, na ausência de oxigênio, bem como em aterros sanitários e estações de tratamento de efluentes (ETE).

Segundo Branco (2013), o processo de digestão anaeróbia promove uma reciclagem dos nutrientes o que fornece subprodutos como o biofertilizante, que pode ser utilizado como fonte de nutrientes em diversas culturas, porém deve-se ter o cuidado que ele não é totalmente oxidante, e o biogás, que pode ser usado como energia, além de possuir alta eficiência e ser economicamente viável.

Quando o biogás é produzido na ETE, em reatores anaeróbios, como do tipo UASB, ao invés de ser usado como fonte de energia, normalmente é simplesmente queimado para diminuir a emissão de gases de efeito estufa. Dois dos seus principais compostos influenciam diretamente no efeito estufa, esses gases são o dióxido de carbono e o metano, e com a queima, ocorre a conversão do metano em dióxido de carbono, o que diminui em cerca de 21 vezes o potencial de efeito estufa da mistura de gases.

O processo de digestão anaeróbia, por ser um processo microbiológico, basicamente de reações enzimáticas, sofre influência da temperatura, portanto, a região de Francisco Beltrão merece atenção, principalmente, nos períodos de

inverno, em função da variação de temperatura que pode ser observada ao longo do ano.

Dentro do que foi exposto, o trabalho desenvolvido teve como proposta o acompanhamento por meio da análise da qualidade do biogás gerado na ETE Marrecas, de Francisco Beltrão, principalmente, com o objetivo de observar a influência da temperatura no potencial energético do biogás.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar e avaliar o efeito da sazonalidade na qualidade do biogás gerado no reator UASB da estação de tratamento de esgoto da SANEPAR, na cidade de Francisco Beltrão – PR.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar os quatro principais compostos presentes no biogás, sendo eles: metano (CH_4), gás carbônico (CO_2), gás sulfídrico (H_2S) e amônia (NH_3);
- Avaliar o efeito das temperaturas de verão e inverno na qualidade do biogás.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 GERAÇÃO DE ESGOTO

4.1.1 Caracterização do esgoto sanitário

O esgoto sanitário segundo a NBR 9648 (ABNT, 1986), é o despejo líquido constituído pelo esgoto doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária. Sendo então o esgoto doméstico aquele gerado pelas necessidades humanas, como de higiene e fisiológicas, e o esgoto industrial aquele proveniente de processos industriais.

A necessidade de tratar o esgoto sanitário vem da sua composição, de acordo com Chernicharo (2007), o conteúdo do esgoto sanitário é de 99,9% de água, sendo 0,1% são de sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos e microrganismos.

Além dos sólidos citados, ainda é composto por gases dissolvidos como, oxigênio (presente na água antes de diluir-se ao esgoto), o gás carbônico (decomposição da matéria orgânica), o nitrogênio, o gás sulfídrico e o metano (SPERLING, 1996).

4.2 TRATAMENTOS DE ESGOTO SANITÁRIO

De acordo com Bittencourt e Paula (2014), quanto às formas de tratamento de esgoto, levando em consideração as funções dos tipos de organismos participantes, os tratamentos podem ser divididos em aeróbios, anaeróbios e, em algumas situações específicas se dá a utilização dos tratamentos físico-químicos.

O tratamento físico é aquele que dispõe de fenômenos de natureza física, alguns exemplos são, gradeamento, peneiramento, sedimentação. Já o tratamento de natureza química é por meio de reações ou produtos químicos, como, coagulação, correção de pH, precipitação, oxidação, entre outros. Esses dois

processos são interrelacionados, sendo assim chamados de físico-químicos (NUNES, 2012).

4.2.1 Tratamento biológico de esgoto

Os tratamentos normalmente são empregados para remover a matéria orgânica pela degradação de microrganismos e eventualmente para a remoção de nutrientes que restam após o tratamento primário de esgoto, que é aquele que remove os sólidos grosseiros (LEME, 2014).

De acordo com Sperling (2005), o tratamento secundário é a remoção da matéria orgânica dissolvida (DBO (demanda bioquímica de oxigênio) solúvel ou filtrada) que não é retirada por processos físicos, e também para a remoção da matéria orgânica em suspensão (DBO suspensa ou particulada), que persiste na massa líquida após o primeiro tratamento. Nuvolari (2003) complementa que, a remoção DBO nos decantadores primários é de 40% e de sólidos suspensos de 70%, ressaltando a insuficiência do tratamento primário e enfatizando a necessidade do tratamento biológico antes do lançamento do efluente em corpos hídricos.

O processo biológico pode ocorrer de dois modos, em condições aeróbias ou anaeróbias. São tratamentos executado por uma variedade de microrganismos, como bactérias, protozoários, fungos e outros. Esses convertem a matéria orgânica em gás carbônico, água e material celular, e em condições anaeróbias tem se a produção de metano. Para que a etapa anaeróbia ocorra, são necessárias algumas condições fundamentais, como temperatura, pH e tempo de contato (SPERLING, 2005).

Segundo Nuvolari (2003), regiões com temperaturas elevadas são bastante propícias para processos de tratamento anaeróbios, dado que não necessita de grande quantidade de energia ou área e ainda gera o biogás como subproduto. No Brasil, a condição climática é favorável a esse tipo de tratamento.

4.2.2 Respiração dos microrganismos heterótrofos

Os microrganismos são divididos em dois grandes grupos com relação à necessidade de fonte de carbono, são eles: autótrofos, que utilizam o gás carbônico (CO₂) e seres heterótrofos, que utilizam a matéria orgânica (SPERLING, 1996). Entretanto, nesse trabalho os organismos utilizados serão os heterótrofos decompositores que se utilizam de matéria orgânica presente nos reatores de ETE para alimentação.

As bactérias heterotróficas estão presentes em, basicamente, todos os lugares, são organismos metabolicamente versáteis, alterando assim o ambiente facilitando a transformação de oxirredução de muitos elementos, como o carbono, ferro e mercúrio (GRANT e LONG, 1989).

Nunes (2012) demonstra em estágios o processo de respiração dos microrganismos heterótrofos.

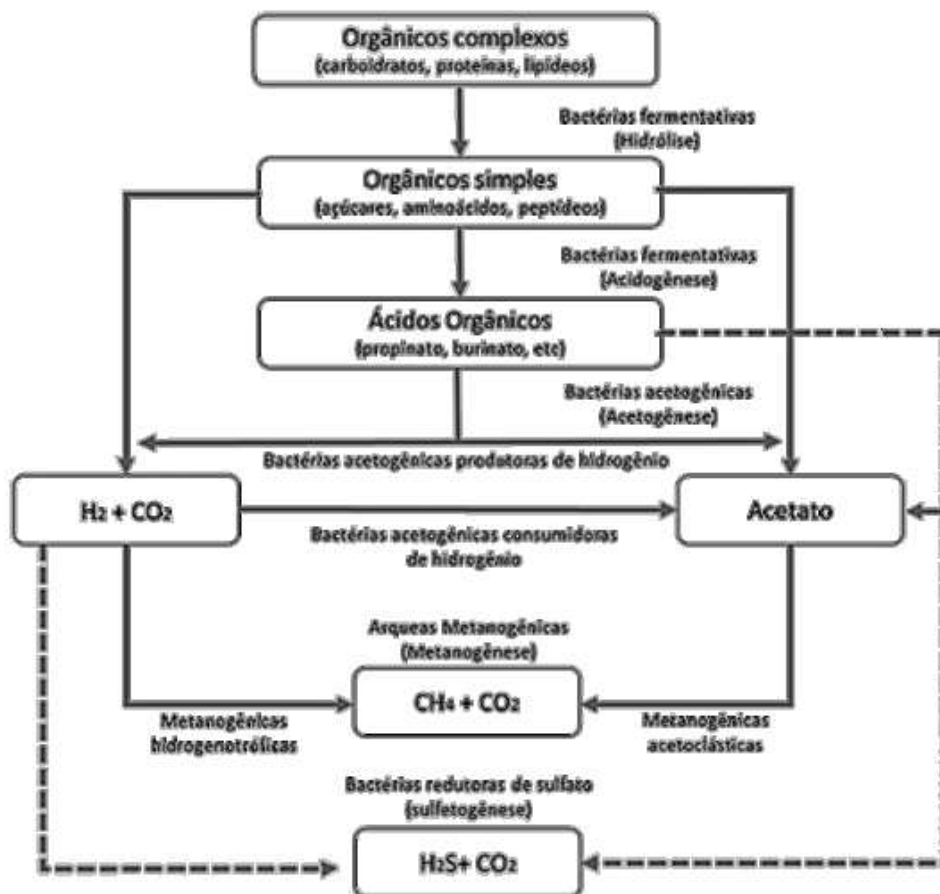
- Estágio 1 – fermentação → microrganismos hidrolíticos e fermentativos;
- Estágio 2 – formação de hidrogênio → bactérias acetogênicas;
- Estágio 3 – formação de metano → bactérias metanogênicas.

4.3 DIGESTÃO ANAERÓBIA

A digestão anaeróbia é um dos métodos mais utilizados, principalmente em reatores que não tem o oxigênio como um dos seus principais gatilhos de funcionamento, dado que na digestão anaeróbia não há consumo do mesmo. Segundo Nunes (2012), a digestão anaeróbia se processa em duas fases distintas, a fase de liquefação, por meio da hidrólise de compostos orgânicos complexos e a fase de gaseificação de produtos solúveis da hidrólise, ou seja, formação de gases, como dióxido de carbono, gás sulfídrico, metano, etc.

Várias etapas são desenvolvidas para que haja uma decomposição da matéria orgânica, de acordo com Chernicharo (2007). Um fluxograma do processo pode ser visto na Figura 1 e suas etapas descritas abaixo.

Figura 1: Rotas metabólicas e grupos microbianos envolvidos na digestão anaeróbia.



Fonte: Chernicharo (2007).

- Hidrólise: neste primeiro estágio atuam exoenzimas excretadas por bactérias fermentativas hidrolíticas, que realizam a hidrólise de materiais complexos (polímeros) os transformando em materiais menos complexos (moléculas menores);
- Acidogênese: Posteriormente na acidogênese, os produtos solúveis resultantes da hidrólise passam por um processo de metabolismo fermentativo no interior das células, e são degradados principalmente em ácidos orgânicos;

- Acetogênese: Os produtos anteriormente oriundos da fermentação são transformados agora em acetatos, hidrogênio e dióxido de carbono, realizado através das bactérias sintróficas acetogênicas;
- Metanogênese: Nesta fase onde uma variedade de bactérias anaeróbias transformam os substratos complexos em uma gama de produtos de fermentação solúveis e gasosos, entre os quais são encontrados ions de acetato, CO_2 e H_2 (GRANT e LONG 1989). Quando em condições estritamente anaeróbia com presença de sulfato e outros compostos a base de enxofre no efluente, esta digestão pode conter mais uma fase denominada sulfetogênese (CHERNICHARO, 2007);
- Sulfetogênese: Fase realizada por bactérias sulforedutoras que são capazes de utilizar uma vasta gama de substratos, como hidrogênio e acetato. De tal modo que competem com as bactérias metanogênicas, reduzindo a produção de metano. O fator limitante para a ocorrência desta fase é a presença de enxofre no meio, que pode estar como sulfato (SO_4^{2-}) ou sulfídrico (SO_3^{2-}) (CHERNICHARO, 2007).

4.3.1 Fatores que influenciam a digestão anaeróbia

Existem vários parâmetros que afetam a eficiência da digestão anaeróbia dentro do reator UASB (reator de leito fluidizado) e, conseqüentemente, a composição do biogás gerado.

4.3.1.1 Temperatura

A digestão anaeróbia pode ser realizada em três faixas de temperatura, psicrófilas (15-25 °C), mesofílicas (30-37 °C) e termófilas (45-60 °C). Usualmente, a seleção de uma determinada faixa varia de acordo com as condições climáticas do país, da matéria-prima e do desempenho do processo. A maioria dos processos de digestão anaeróbia é feito dentro da gama mesofílica, isto se da ao fato que as condições mesofílicas são ótimas para atividade microbiana e taxas de produção de biogás (VAN e BARTLETT, 2012).

4.3.1.2 pH

Segundo Chernicharo (2007), o potencial hidrogeniônico pode interferir diretamente no processo devido as suas variações, afetando a atividade enzimática e alterando sua estrutura proteica e, de forma indireta, onde as mudanças de pH alteram as substâncias e aumentando a toxicidade do meio.

O intervalo de pH considerado ótimo em uma digestão é de 6,8 a 7,2, mas, no entanto, o processo pode tolerar um intervalo entre 6,5 até 8,0 (CIOBLA et al., 2012).

4.3.1.3 Umidade

Para um correto funcionamento do digestor, o teor de água deve variar entre 60% a 90% do peso do conteúdo a ser processado. Este teor varia de acordo com a matéria-prima. No caso de dejetos humanos, o processo tem um elevado teor de água, porém os reatores são programados para tal (CHERNICHARO, 2007).

4.3.1.4 Nutrientes

Durante o processo, alguns fatores referentes à composição dos dejetos que originam o substrato podem ter efeito prejudicial sobre a atividade das bactérias no interior dos biodigestores, ocasionando diminuição na geração do biogás (BRANCO, 2013).

4.3.1.5 Tempo de retenção hidráulica (TRH)

O tempo de retenção hidráulica é intervalo de tempo necessário para que ocorra de forma completa a biodigestão (NASCIMENTO, 2012). Segundo Silva (2014), o TRH longo pode ser sinal de pouca conversão de matéria orgânica, e conseqüentemente baixa eficiência do biodigestor, o qual depende do tipo de substrato e do inóculo que se utilize.

4.4 BIOGÁS

O biogás tem origem no processo de degradação biológica de matéria orgânica, na ausência de oxigênio. O processo anaeróbio ocorre em ambientes naturais, mas também em reatores, onde geralmente é empregado para tratamento de efluentes e produção de biogás (MOESTET, 2013).

Como constituintes principais o biogás traz o metano e o gás carbônico, havendo outros componentes, como o monóxido de carbono, sulfeto de hidrogênio, amônio, entre outros em menor concentração, segundo Cassini (2003).

Alguns autores como, Silveira et al. (2015), Cassini (2003) e Persson et al (2006) estudaram a composição típica do biogás. A Tabela 1 traz a junção dos dados apresentados pelos autores.

Tabela 1 – Concentração dos compostos estudados por autores.

Compostos	Concentração		
	Silveira et al. (2015)	Cassini (2003)	Persson et al. (2006)
Metano - CH ₄	60 – 85 %	50 – 70 %	40 – 75 %
Gás Carbônico - CO ₂	5 – 15 %	25 – 40 %	15 – 60 %
Amônia - NH ₃	-	0,1 – 0,5 %	< 1%
Gás sulfídrico - H ₂ S	0,1 – 0,5 %	0,1 – 0,5 %	0,005 – 2 %

Fonte: tabela construída pela autora.

Contudo Silveira et al. (2015), trazem também a comparação da quantidade dos compostos do biogás pelo método anaeróbico de tratamento de esgoto em reatores, com o método de tratamento anaeróbico de lodo, como demonstra a Tabela 2.

Tabela 2 - Composição típica do biogás em dois processos anaeróbicos de tratamento de esgoto.

	Unidade	Biogás de tratamento anaeróbico de esgoto sanitário	Biogás de tratamento anaeróbico de lodo
Gás Sulfídrico – H ₂ S	% em vol.	0,1 – 0,5	0,05 – 0,15
Amônia – NH ₃	% em vol.	-	< 0,05
Metano – CH ₄	% em vol.	60 – 85	60 – 70
Gás Carbônico – CO ₂	% em vol.	5 – 15	20 – 40

Fonte: adaptado de Silveira 2015.

Para a produção de biogás em ETEs, é necessário o planejamento de um sistema de queima controlada com *flares* para a garantia da eficiência da queima do gás metano (BRASIL, 2012). Segundo Zilotti (2012), o biogás de estações de tratamento pode ter uma destinação mais nobre, servindo como combustível, assim contribuindo para a diminuição de eletricidade em ETEs e realçando o uso dos recursos naturais.

4.5 BIODIGESTORES MODELO RALF/UASB

Os modelos de sistema de tratamento que operam com reatores de leito fluidizado (RALF), conhecido também como *Up Flow Anaerobic Sludge Blanket Reactors* (UASB), são muito utilizados para tratar os efluentes de forma biológica, baseando-se no processo de estabilização da matéria orgânica (ZILOTTI, 2012).

Nunes (2012) mostra que, embora todos os compostos orgânicos possam ser degradados anaerobicamente, este sistema de tratamento demonstra maior eficiência quando as substâncias nele introduzidas são facilmente degradáveis.

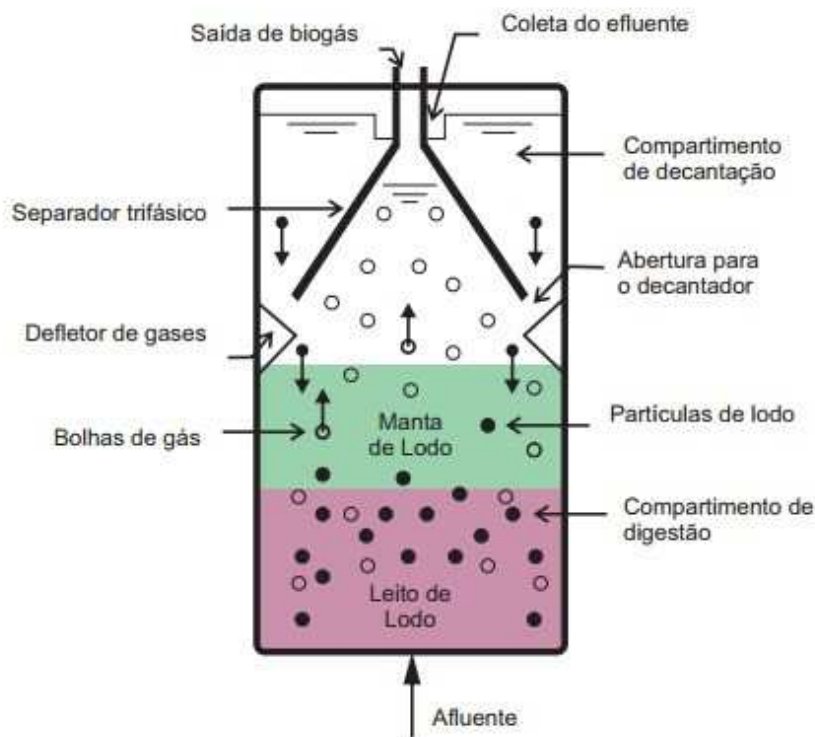
Dependendo também de condições ambientais favoráveis, principalmente a temperatura (abaixo de 20 °C a atividade das bactérias anaeróbias é baixa).

No reator UASB de manta de lodo, o efluente deve ser criteriosamente distribuído no fundo, assim, permitindo um contato adequado entre os microrganismos e o substrato. O processo de agitação e mistura no reator acontece pelo escoamento do líquido e também pelo movimento das bolhas de gases. Na região acima da manta e do leito de lodo existe um dispositivo denominado separador trifásico com a função de destinar à sedimentação de sólidos e a separação de gases (LEME, 2014).

Leme (2014) ainda comenta, que no Paraná, esses tipos de reatores estão sendo muito utilizados pela SANEPAR, com operação e instalação de mais de 40 unidades para tratamento de esgoto.

A Figura 2 ilustra um modelo de reator do tipo UASB.

Figura 2: Modelo de reator UASB/RALF.



Fonte: Chernicharo (2007).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ETE MARRECAS

O estudo foi realizado na ETE Marrecas, localizada no bairro Presidente Kennedy em Francisco Beltrão – PR, nas coordenadas geográficas $26^{\circ} 4'7.24''S$ e $53^{\circ} 2'50.78'' O$, e está inserida no Rio Marrecas.

A estação de tratamento de efluentes é gerida e administrada pela SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná) e é constituída por dois reatores de modelo UASB, uma unidade de decantador e um filtro biológico, como demonstra a Figura 3, e atualmente, opera com uma vazão média de 140 L/s e máxima de 220 L/s.

Figura 3: Unidades operacionais da ETE Marrecas.



Fonte: Google Earth (2016).

5.2 COLETA DE AMOSTRAS

Para a coleta do biogás utilizou-se sacos específicos de dois litros, uma mangueira branca e um compressor (Figura 4), pois a saída do biogás não continha pressão suficiente.

Antes de se coletar o gás foi necessário deixar o registro de saída (Figura 5) aberto por alguns minutos, para que toda a água contida no cano fosse liberada, assim não havendo riscos de interferência na análise do gás.

Figura 4: Equipamentos de Coleta.



Fonte: autora (2017).

Figura 5: Registro de saída do biogás.



Fonte: autora.

As amostras coletadas foram levadas para o Laboratório de Resíduos Líquidos, da UTFPR, de Francisco Beltrão, no período máximo de uma hora para posteriormente serem realizadas as análises de amônia, gás sulfídrico, metano e gás carbônico.

Realizaram-se cinco coletas de amostras em diferentes meses, como descrito no Quadro 1.

Quadro 1 – Cronograma de coleta de amostras na ETE Marrecas.

COLETA DE AMOSTRAS DO BIOGÁS				
Coleta	Mês	Data	Volume (Litros)	Quantidade (sacos)
1º	Junho	13/06	2 L	3
2º	Julho	06/07	2 L	3
3º	Agosto	28/08	2 L	3
4º	Setembro	19/09	2 L	3
5º	Outubro	17/10	2 L	3

5.3 ANÁLISE DOS GASES

As análises foram feitas utilizando o Kit Análise de Biogás com Biofoto Microprocessado® Alfakit, material desenvolvido comercialmente para análise da composição dos gases do biogás pela empresa Afakit®.

Os métodos de análise foram dois, o gás sulfídrico e a amônia foram examinados pelo procedimento colorimétrico e leitura no Biofoto, e cada análise foi feita em triplicata, para melhor confiabilidade dos resultados. O metano e o gás carbônico foram analisados pelo método volumétrico de Orsat.

5.3.1 Determinação da Amônia (NH₄)

Para análise de determinação da amônia foram utilizados quatro tubos de ensaio, um deles foi separado para prova em branco, contendo solução composta de duas gotas de solução Pré - Tratamento 1 e água deionizada.

Nos demais tubos, se utilizou uma seringa coletora para amostragem do gás do saco coletor, nessa seringa foram adicionados 5 mL de solução igual a prova em branco. Conectou-se a seringa ao saco coletor e aspirou-se até 50 mL do gás e agitou-se a seringa por dois minutos para que toda a amônia fosse absorvida pela solução, este processo foi feito para as três amostras. Por fim, a

solução da seringa foi transferida para os tubos, cada tubo representando uma amostra.

Para a análise colorimétrica, adicionou-se nos quatro tubos de ensaio, três gotas do reagente Amônia Indotest 1, três gotas do reagente Amônia Indotest 2 e três gotas do reagente Amônia Indotest 3, e aguardou-se um tempo de reação de dez minutos. Na Figura 6 pode-se observar os tubos de ensaio após a colocação dos reagentes.

Figura 6: Análise de Amônia.



Fonte: autora.

Ajustou-se o equipamento Biofoto na curva para análise de amônia, faixa 50 (50 mL de biogás), calibrado com a prova em branco. Cada tubo de ensaio foi submetido a três medições, sendo que o resultado obtido era expresso em ppmV (mL/m³).

5.3.2 Determinação de Ácido Sulfídrico (H₂S)

Foram utilizadas duas gotas de Pré-Tratamento 1, em 12 mL de água deionizada, foi preparado um tubo de ensaio como prova em branco. Os demais tubos foram preenchidos com uma mistura de 5 mL da solução de Pré-tratamento 1 mais 5 mL do biogás contido nos sacos coletores que foram misturados por dois minutos em uma seringa de 10 mL.

Para a análise colorimétrica, juntaram-se nos tubos de ensaio, cinco gotas do reagente Sulfeto 1 e duas gotas do reagente Sulfeto 2, aguardou-se os 10 minutos de tempo para reação (Figura 7).

Figura 7: Análise do Ácido Sulfídrico.



Fonte: autora.

O ajuste do Biofoto foi feito para a faixa de 5 (5 mL de biogás), calibrou-se com o tubo de ensaio denominado prova em branco e, posteriormente, fez-se as

leituras (ppmV) dos demais tubos com a amostra. Na Figura 8 pode-se observar a leitura no biofoto da concentração dada ppmV.

Figura 8: Leitura no Biofoto.



Fonte: autora.

5.3.3 Determinação de Gás Carbônico (CO₂) e Gás Metano (CH₄)

Para a determinação do gás carbônico, transferiu-se 5 mL da solução Pré-Tratamento 2 para a seringa de plástico de CO₂ contida no suporte, como demonstra a Figura 9. Em seguida, foi conectado no suporte o saco coletor de biogás e transferiu-se o gás para a seringa de vidro, e logo em seguida, este gás

foi transferido para a seringa de plástico, terminando a transferência agitou-se o suporte por dois minutos.

Figura 9: Suporte para análise de metano e gás carbônico.

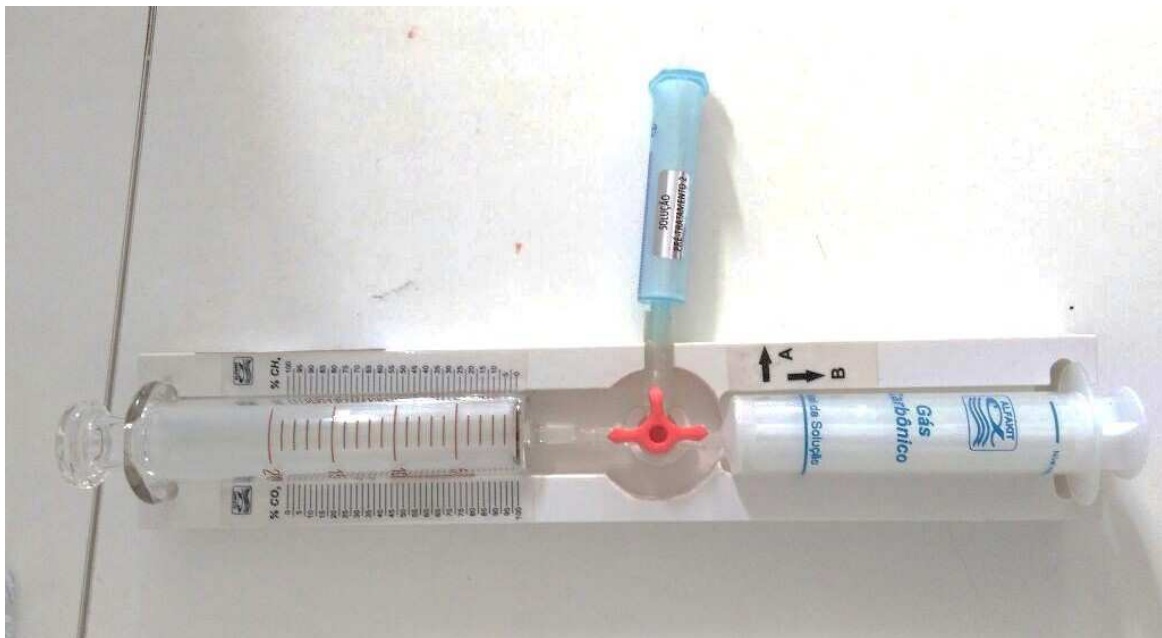


Foto: autora

Com o suporte na posição vertical (seringa de vidro para cima), transferiu-se todo o gás da seringa de plástico para a seringa de vidro e fez-se a leitura do novo volume de gás na seringa de vidro, com o auxílio da escala contida no suporte, que resulta na porcentagem de gás carbônico e metano, sendo assim, a diferença entre a porcentagem de gás carbônico é aproximadamente a porcentagem de gás metano.

6 RESULTADOS

Podem ser observados na Tabela 3, os dados obtidos durante o período de análise das amostras de biogás provenientes do processo no reator UASB da estação de tratamento de esgoto da SANEPAR.

Tabela 2 - Quantificação dos parâmetros das amostras de biogás.

Nº	Data	Horário da coleta	Temperatura	Concentração de gases			
				NH ₃ [ppmV]	H ₂ S [ppmV]	CH ₄ [%]	CO ₂ [%]
1	13/06	09h30	22 °C	7,6340	14,5224	81,66	18,33
2	06/07	15h00	21 °C	5,5823	9,5353	95,93	3,40
3	28/08	08h15	22 °C	19,1348	23,9894	97,00	3,00
4	19/09	09h00	25 °C	6,9947	15,518	75,16	23,50
5	17/10	08h30	21 °C	0,4629	27,9406	73,58	25,16
Valores médios em %				7,869x10 ⁻⁰⁴	1,83011x10 ⁻⁰³	84,66	14,678

Fonte: autora.

Conforme a Tabela 2 a ETE apresenta concentrações de amônia de 0,0008 e 0,0018% de gás sulfídrico que vão ao desacordo com os dados encontrados na literatura, já quando se trata de metano com média de 85,65% e 14,678% de gás carbônico eles estão de acordo com Silveira et al. (2015). A concentração de gases do biogás leva em conta outros gases encontrados, que não foram determinados por serem insuficientes.

As medidas da temperatura nas cinco coletas tiveram pouca variação, a média sendo $22,2 \pm 2,7$ °C. Os resultados da medida da temperatura demonstram que a temperatura ambiente, no período estudado, fica abaixo da faixa mesofílica de temperatura que segundo Van e Bartlett (2012) é de 30° C à 37°C, que seria a faixa ideal para a produção de biogás. Segundo Nunes (2012), o sistema de

tratamento por reator UASB tem maior eficiência quando a temperatura é elevada ajudando na atividade das bactérias.

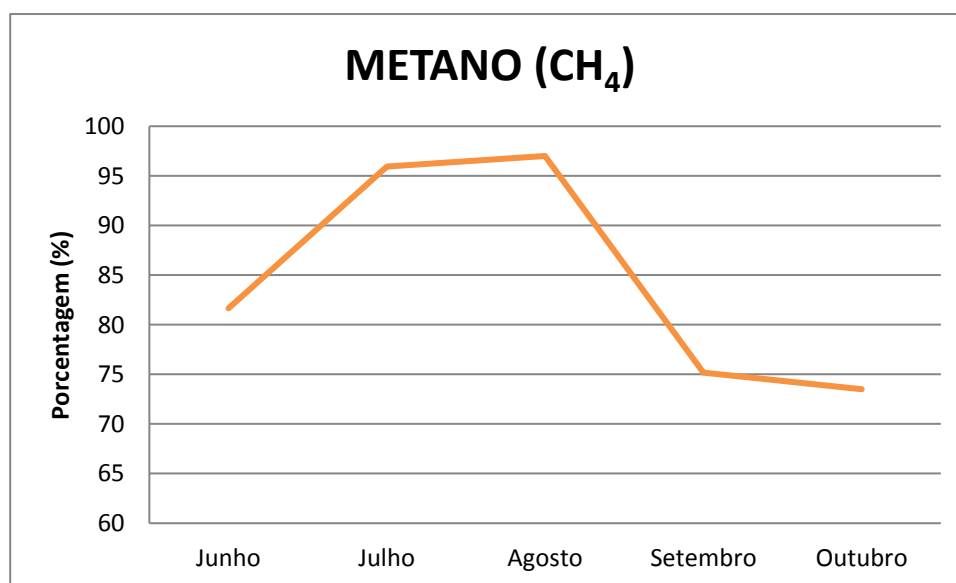
Os resultados da concentração de amônia e gás sulfídrico nas amostras analisadas apresentaram valores 0,0008% e 0,0018% respectivamente, menores que os propostos na literatura, segundo Silveira et al. (2015), Cassini (2003) e Persson et al. (2006), que estudaram a composição típica do biogás gerado em reatores.

6.1 METANO

O metano tem grande poder calorífico e sua representatividade no biogás na ETE Marrecas da SANEPAR - FB demonstra que ela está apta a gerar energia a partir desse gás. Segundo Campos (1999), a participação de metano, em volume, pode variar entre 50 a 70% por pessoa atendida pela ETE, sendo assim a produção de biogás pode variar na faixa de 5 a 20 L por pessoa por dia.

A Figura 10 demonstra a variação do metano nas amostras analisadas.

Figura 10 – Variação do metano nos meses de estudo.



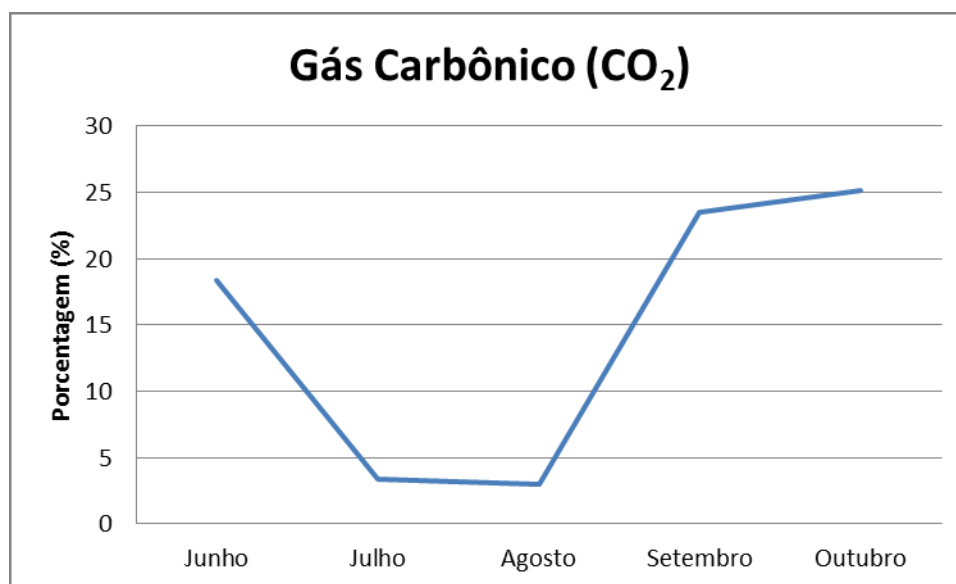
Como não houve grande variação de temperatura, não se pode afirmar que os picos de julho e agosto se dão por esse fator. Pode ter havido interferência na amostra em função do tempo de realização da análise e da difusão do CO₂ pela mangueira de coleta, interferindo no volume de metano.

Nas amostras analisadas, a média da concentração de metano em porcentagem atingiu o valor de 84,67% ± 9,10, ultrapassando assim as médias encontradas por Cassini (2003) aonde o valor máximo de metano observado foi de 70%, e para Persson et al. (2006) que chegou a 75%. Para Silveira et al. (2015) o valor máximo de metano observado foi 85%, analisando a média encontrada nas amostras da ETE Marrecas com seu desvio padrão ela supera também os dados encontrados por esse autor.

6.2 GÁS CARBÔNICO

Sendo inversamente proporcional ao metano, as amostras de gás carbônico nos meses de julho e agosto ficaram abaixo dos resultados esperados, com um percentual de 3 a 4 %, sendo então os meses que apresentaram maior quantidade de metano, essa queda no gás carbônico pode ser vista na Figura 2.

Figura 2 – Variação do Gás Carbônico nos meses de estudo.



A resposta para essa concentração inferior de CO₂, que o reportado na bibliografia, como já visto anteriormente, pode ter sido causada por interferência no momento da coleta, uma vez que a mangueira de silicone é permeável ao CO₂ assim se dispersando no ambiente.

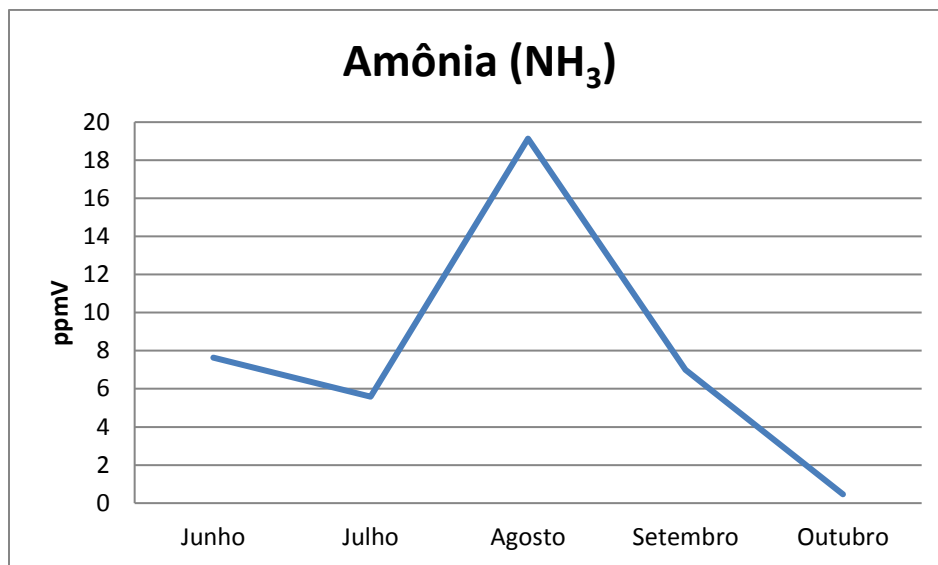
A média, em porcentagem, das amostras foi de 14,7% ± 9,6, estando minimamente abaixo que o reportado na bibliografia consultada. Cassini (2003) observou concentração de CO₂ variando entre 25 e 40% e Persson et al. (2003) que trouxeram um percentual de 15 – 60%. Já a respeito do autor Silveira et al. (2015) o valor de média encontrado com seu desvio padrão na ETE Marrecas supera o proposto pelo autor que vai ao valor máximo de 15%.

6.3 AMÔNIA

A quantidade de amônia encontrada nas análises resultou em uma média de 0,00079%, sendo menor que a média encontrada por todos os autores estudados, o mínimo de amônia esperado é de 1%, como apontado por Silveira et al. (2015) e Cassini (2003). Para Persson et al. (2006) o valor mínimo encontrado foi de 0,005, demonstrando que a concentração no biogás analisado está consideravelmente abaixo da literatura.

Esses resultados são importantes, uma vez que a amônia, segundo Sheng et al (2013), em altas concentrações pode atuar como um forte inibidor da produção de metano durante o processo anaeróbico. Portanto, com base nas concentrações observadas, pode se afirmar que a amônia não interfere no processo de produção de metano na ETE Marrecas, como demonstra a Tabela 2.

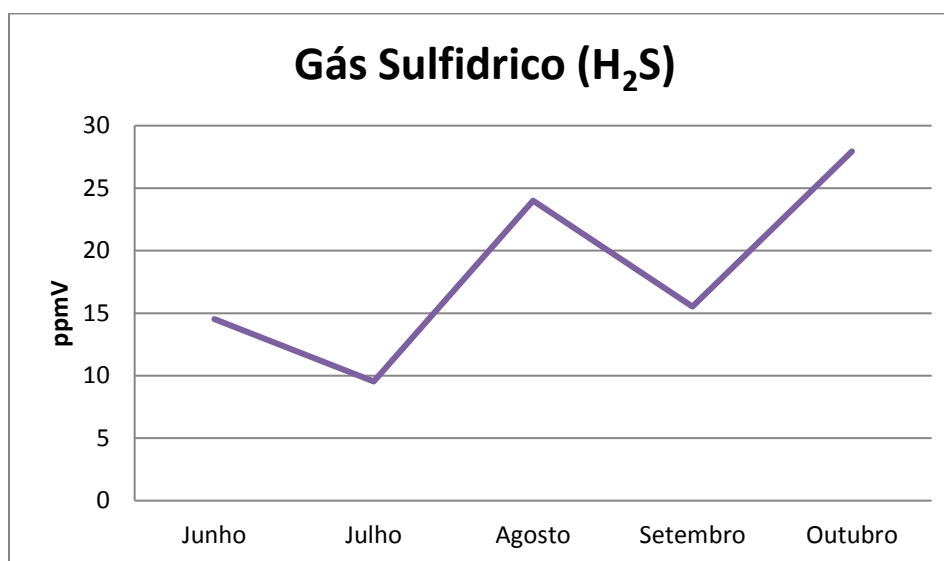
A Figura 12 demonstra as concentrações de amônia encontrada nas amostras realizadas no período de junho a outubro. Mesmo o havendo um pico no mês de agosto a quantidade de amônia de aproximadamente 20ppmV não é inibidora de metano.



6.4 GÁS SULFÍDRICO

O gás sulfídrico é um dos principais contaminantes do biogás, sendo corrosivos na presença de água, o que pode afetar partes mecânicas do reator, tubulações e/ou de motores (PERSSON et al., 2006).

Na Figura 13 pode-se observar os picos do gás sulfídrico nos meses de análise, agosto e outubro, mesmo havendo esses picos o gás sulfídrico não atingiu uma média onde se torna um contaminante do biogás.



A baixa concentração de H_2S , média de 0,0018%, expressivamente, abaixo do reportado na literatura, que apresenta como valor mínimo de 1%, é um resultado extremamente satisfatório, uma vez que esse contaminante é oneroso para utilização do biogás.

CONCLUSÃO

A temperatura média de 22,2 °C, observada durante as coletas das amostras, não é favorável para o processo de digestão anaeróbia, que necessita de maiores temperaturas para uma boa eficiência.

No entanto, a concentração de gás sulfídrico mostrou-se baixo, apresentando concentração média de 0,0018%, inferior ao apresentado na bibliografia. Tal fato é de grande interesse, principalmente, quando se objetiva o uso energético do biogás, uma vez que esse gás sulfídrico é altamente corrosivo.

As concentrações de amônia nas amostras coletadas também estavam abaixo dos valores apresentados pela literatura, fato interessantes para o processo de digestão anaeróbia, uma vez que, em altas concentrações, pode inibir a produção de metano.

O metano e o gás carbônico sendo inversamente proporcional acabaram ficando fora das faixas encontradas na literatura estudada no trabalho, porém esse fator pode ter sido influenciado pela mangueira de silicone utilizada na coleta das amostras.

Portanto, pode-se concluir que o biogás gerado nos reatores UASB na ETE Marrecas é de boa qualidade, apresentando grande potencial para uso energético, necessitando estudos mais detalhados voltados para a quantificação do biogás gerado e seu uso na geração de energia.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

BITTENCOURT, Claudia; PAULA, Maria Aparecida. **Tratamento de água e efluentes**: fundamentos de saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos. 1ed. São Paulo: Érica. 184p, 2014.

BRANCO, Paula Maria. **Biodigestão anaeróbia de águas residuárias humanas: composição do biogás e qualidade do efluente**. 2013. 80p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp. Jaboticabal, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Aproveitamento energético do biogás de aterro sanitário**. 2012. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/aproveitamento-energetico-do-biogas-de-aterro-sanitario> . Acesso em: 31 de maio de 2017.

CAMPOS, José Roberto (Coordenador). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, Projeto PROSAB. 1999.

CASSINI, Sérgio Túlio (Coordenador). **Digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento de Biogás**. Vitória: PROSAB/FINEP, ed 1. 2003.

CHERNICHARO, Carlos Augusto. **Princípios do tratamento biológico de águas residuária**: reatores anaeróbios. 2ed. Belo horizonte: Departamento de engenharia Sanitária e Ambiental. 379p, 2007.

CIOBLA, Adrian *et al.* **Comparative study on factors affecting anaerobic digestion of agricultural vegetal residues**. Biofuels, v.5, n.39. 2012. 9p

GRANT, W. D; LONG, P. E. **Microbiologia Ambiental**. Zaragoza, Espanha. Editora: Acribia, 222p, 1989.

LEME, Edson José de Arruda. **Manual prático de tratamento de águas residuárias**. 2ed. São Carlos: EduFSCar. 599p, 2014.

MOESTEDT, J. et al. **The effect of substrate and operational parameters on the abundance of sulfate-reducing bacteria in industrial anaerobic biogas digesters**. Bioresour Technol, n.132, p. 327 -332. 2013.

NASCIMENTO, Rodrigo Cavalcanti; Rodrigues, Gelze Serrat. **Impactos ambientais da suinocultura no município de Uberlândia (MG)**: possibilidades

de sua mitigação por meio do uso de biodigestores. *Caminhos de Geografia*, v.13, n.43, p. 230–243, Uberlândia, MG, Out. 2012.

NUNES, José Alvez. **Tratamento biológico de águas residuárias**. 3ed. Aracaju: gráfica editora J. Andrade. 145p, 2012.

NUVOLARI, Ariovaldo. **Esgoto sanitário**: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. 1ed. São Paulo: Edgard Blucher. 519p, 2003.

PERSSON, Margareta, et al. **Biogas Upgrading to Vehicle Fuel Standards and Grid Injection**. Graphic Design: Susanne AUER, Vienna, 2006.

SHENG, Kuichuan, et al. **Effect of ammonia and nitrate on biogas production from food waste via anaerobic digestion**. *Biosystems engineering*, n116. 2013.

SILVA, C.E.F; ABUD, A.K.S. 2014. **Acompanhamento do Tempo de Retenção Hidráulico (TRH) na Biodigestão de Vinhaça e Utilização de seu Biofertilizante em Sementes de Feijão**. *Scientia Plena*, v.10, n.7, Maceio, AL, Jul. 2014, 7p.

SILVEIRA, Bruno, *et al.* Guia técnico de aproveitamento energético de biogás em estações de tratamento de esgoto / Probiogás. Brasília, DF : Ministério das Cidades, 1ed, 186p, 2015.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ed. v.1. Belo Horizonte: UFMG, 452p, 2005.

SPERLING, Marcos Von. **Princípios básicos do tratamento de esgoto**. v.2. Belo Horizonte: UFMG, 211p, 1996.

VAN, Carlos; BARTLETT, John. **Anaerobic Digestion of Laminaria Digitata: The Effect of Temperature on Biogas Production and Composition**. *Waste and Biomass Valorization*, v.3, n.4, Dez. 2012, 10p.

ZILOTTI, Hércio. **Potencial de produção de biogás em uma estação de tratamento de esgoto de cascavel para a geração de energia elétrica**. 2012. Dissertação (pós-graduação) – UNIOESTE, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Energia na Agricultura, Cascavel, 2012.