

## DETERMINAÇÕES DE GÁS METANO (CH<sub>4</sub>) GERADO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES, COM AVALIAÇÃO DO PODER CALORÍFICO PARA QUEIMA EM CALDEIRA

Felipe Diego Davies<sup>1</sup>, Simone Stulp<sup>2</sup>

**Resumo:** Para o desenvolvimento sustentável é necessária à busca, desenvolvimento e incentivo de tecnologias que utilizem fontes renováveis de energia. O gás metano (CH<sub>4</sub>), que quando lançado na atmosfera apresenta potencial de poluição 20 vezes superior ao dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no que se refere ao efeito estufa, pode ser utilizado para geração de energia, levando a uma redução do seu potencial de poluição ambiental. O objetivo do trabalho é possibilitar a redução da poluição ambiental gerada pela emissão de gás metano, na estação de tratamento de efluentes da empresa Docile Alimentos (Lajeado/RS, Brasil), com desenvolvimento e avaliação de proposta de queima do gás gerado, em caldeira, convertendo este em dióxido de carbono. Para o alcance deste objetivo, foram utilizadas metodologias para determinações quantitativas e qualitativa do biogás e gás metano gerado, mensurando por cálculos, dados e referências, o potencial energético deste gás gerado em substituição a queima de lenha em caldeira, tanto em volume, como em custo. Os resultados obtidos com este estudo foram satisfatórios, já que demonstraram que o potencial energético da estação de tratamento de efluentes (ETE), com a utilização do biogás gerado para queima em caldeira pode reduzir de 1,29 a 1,45% a utilização e custo com a compra de lenha.

**Palavras-chave:** Biogás. Gás dos pântanos. Calor de combustão. Potencial energético.

---

1 Graduando curso de Química Industrial. Centro Universitário UNIVATES. Supervisor de produção. [felipediegodavies@gmail.com](mailto:felipediegodavies@gmail.com).

2 Professora Doutora em Engenharia de Materiais. - Centro Universitário UNIVATES. Diretora Administrativa do Parque Científico e Tecnológico do Vale do Taquari – Tecnovates/Univates. Docente do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento – área de Ciências Ambientais. [stulp@univates.br](mailto:stulp@univates.br).

## 1 INTRODUÇÃO

A planta da empresa Docile alimentos LTDA, localizada na Rodovia RS 130 – Km 70 – S/N, no bairro Moinhos, na cidade de Lajeado – RS, Brasil, onde foi realizado o trabalho, realiza a fabricação de candies, como balas de goma, chicles de bola, pastilhas, balas de gelatina e marshmallows, sendo a maior produtora de pastilhas da América Latina e 2ª em produção de bala de goma no Brasil. Produz mensalmente somando todos os produtos mais de 2 milhões de quilos por mês, gerando um afluente de resíduos orgânicos, composto principalmente por açúcares (DOCILE, 2016).

A poluição ambiental abrange a contaminação do ar, das águas e do solo. Esses recursos são capazes de diluir concentrações de substâncias lançadas em processos naturais, porém as ações humanas esgotam essa capacidade de limpeza destas substâncias indesejáveis. A poluição pode ocorrer com a presença, lançamento, ou liberação no ambiente, de resíduos orgânicos e domiciliares, resíduos industriais, gases poluentes, elementos químicos, entre outros (ARRUDA, 2009).

O dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) é um gás causador do efeito estufa, mas é 20 vezes menos poluente do que o gás metano ( $\text{CH}_4$ ), portanto a grande vantagem do biogás, não é que ele não seja poluente e sim, que é muito menos poluente do que os combustíveis fósseis. Assim do ponto de vista ambiental, a queima do biogás, polui muito menos a atmosfera, desacelerando o aquecimento global e com a utilização do mesmo, em vez da lenha, a uma enorme contribuição no combate ao desmatamento. O biogás é considerado uma fonte renovável de energia, ou seja, aquela que não se esgota, que pode ser reposta (ROYA et al., 2011).

Dentre as fontes de desenvolvimento de tecnologias de produção de energia alternativa, como de biocombustíveis, destaca-se o biogás, já que além de propiciar a geração de energia distribuída, também se mostra viável no tratamento de resíduos urbanos, rurais e agroindustriais (ARAÚJO; FEROLDI; URIO, 2014).

Em vista da necessidade, cada vez maior, de novas fontes de energia, os estudos do aproveitamento do metano para fins energéticos nas Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) se tornaram uma nova saída, que apenas pela função ambiental já se justificaria (LOPES et al., 2011).

O poder calorífico, também conhecido como calor de combustão, é denominado uma das características mais importantes de um gás, já que apresenta a quantidade de energia liberada na combustão completa de uma unidade de massa, ou volume no caso dos gases (PRATI, 2010).

A composição do biogás varia conforme as condições ambientais e as características do composto orgânico que for degradado pela digestão anaeróbia (sem a presença de oxigênio), sendo composto basicamente por 55% de metano, 40% de gás carbônico e 5% de nitrogênio e outros gases. O poder

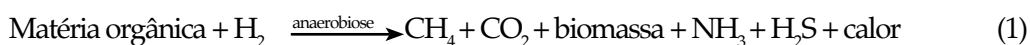
calorífico do biogás, varia em função da composição de metano na mistura, ou seja, quanto maior esta composição, maior o poder calorífico (INOUE, 2008).

Em função da participação percentual do gás metano na composição do biogás, esse poder calorífico pode chegar a 12.000 kcal por metro cúbico, se eliminado todo o gás carbônico da mistura (CERVI; ESPERANCINI; BUENO, 2010).

O gás metano, ou também chamado de gás dos pântanos, é um gás incolor, altamente combustível, queimado com chama cor azul lilás, sem deixar fuligem e com um mínimo de poluição (DEGANUTTI et al., 2002).

Os biodigestores, onde ocorre a digestão anaeróbia, são compostos basicamente por uma câmara fechada, na qual a biomassa é fermentada anaerobicamente (sem a presença de ar), ocorrendo a liberação do biogás e produção de biofertilizante (matéria orgânica estabilizada) (GONÇALVES et al., 2009).

O processo de digestão anaeróbia envolve a degradação e estabilização da matéria orgânica, levando à formação de metano, biofertilizante e produtos inorgânicos (dióxido de carbono). A representação da digestão anaeróbia pode ser feita pela Equação 1:



As finalidades principais da digestão anaeróbia são a remoção da carga orgânica poluente, produção de biogás, redução dos microrganismos patogênicos e produção de biofertilizante mais estável, mais rico em nutrientes assimiláveis e com melhor qualidade sanitária quando comparado ao rejeito industrial original. A digestão anaeróbia é uma fermentação simples, ocorrendo em um único tanque, como uma fossa, ou lagoa anaeróbia. A degradação anaeróbia da matéria orgânica a metano é um processo biológico que ocorre em diferentes fases, sendo processado por diferentes tipos de microrganismos que agem em conjunto. Assim, se torna necessária a representação do processo anaeróbio, incluindo outras populações de bactérias intermediárias. Essas bactérias ou microrganismos são os acetogênicos, hidrolíticos, acidogênicos e metanogênicos. As bactérias acidogênicas e as arqueas metanogênicas (OLIVEIRA, 2009).

A produção de biogás a partir de dejetos industriais, urbanos e agropecuários, permite seu uso para a produção de calor e geração de energia elétrica (PORTAL BRASIL, 2011).

O atual aproveitamento de biogás no Brasil, encontra-se bastante aquém de seu potencial (ZANETTI, 2009).

Já a qualidade da madeira para energia, por exemplo, em utilização para queima em caldeira, está relacionada ao seu teor de umidade e à sua massa específica. Quanto maior o teor de umidade da madeira, menor é o seu poder

de combustão, resultado do processo de evaporação da água que absorve energia no decorrer da combustão (ARRUDA, 2009).

Em indústrias que utilizam o biogás gerado para geração de vapor nas caldeiras, é economizado para cada metro cúbico de gás, aproximadamente 0,80 litros de gasolina, 1,3 litros de álcool, 1,4 kg de carvão de madeira, ou 2,7 kg de madeira (IANNICELLI, 2008).

O objetivo do trabalho foi caracterizar o gás metano e o biogás para a determinação da quantidade média de geração dos mesmos, na estação de tratamento de efluentes da empresa Docile alimentos, também, avaliar o poder calorífico da queima destes gases em caldeira, comparado com a queima da lenha atualmente utilizada, mensurando a possibilidade de redução desta queima de lenha com esta utilização, com isto, fazer um levantamento da redução deste custo atual de utilização de lenha em caldeira, afim de propor a aplicação viável, de um possível projeto piloto na planta da empresa, que pode reduzir o custo com compra de lenha e a poluição ambiental gerada pela emissão de gás metano e biogás na atmosfera, já que a proposta é de queimar estes gases gerados, em caldeira, convertendo os mesmos em dióxido de carbono.

## 2 MÉTODO

O estudo foi realizado na estação de tratamento de efluentes da empresa Docile Alimentos, na cidade de Lajeado, RS, Brasil. A estação conta com o tratamento de efluentes por digestão anaeróbia, utilizando 2 reatores anaeróbios para tratamento de uma vazão média diária de afluente de 44,04 m<sup>3</sup>/dia. Após uma detalhada verificação nas estruturas da estação de tratamento anaeróbio de efluentes da empresa, para detectar prováveis vazamentos, ou pontos de fugas de biogás e também corrosões, concluiu-se que as estruturas estavam em perfeitas condições de vedação e conservação. Esta verificação é realizada semestralmente, ou em casos especiais onde é detectada uma perda de gás considerável. Após estes cuidados, foi dado início às atividades na unidade. Primeiramente foram definidos os locais apropriados para a montagem do ponto medição/coleta do biogás, sendo os mesmos, na tubulação de saída de biogás, do tanque de tratamento de efluentes anaeróbio 1, conforme se pode observar na Figura 1 e no tanque de tratamento de efluentes anaeróbio 2, conforme Figura 3.

Figura 1 – Tubulação de saída de biogás, localizada na parte superior do reator de tratamento de efluentes anaeróbio 1



Fonte: Do autor (2016).

Nas coletas de gás realizadas, se fez necessário, primeiramente, abranger as condições de segurança operacionais, para que não houvesse interferência nas rotinas funcionais e condições de biossegurança, reduzindo o risco, quando do manuseio e manipulação do biogás. Também dois coletores de gases diferentes foram utilizados, conforme Figura 2 e 4, pois na saída da tubulação do reator 2, conforme Figura 3, a utilização do coletor de gás, não foi viável, já que a abertura de saída do mesmo, é coberta na parte superior, sendo assim utilizado o bag coletor de gás. Na Figura 2, apresenta-se o coletor de gás utilizado para as coletas de biogás, na saída da tubulação do reator anaeróbio 1. Na Figura 4, apresenta-se o coletor de gás utilizado para as coletas de biogás, na saída da tubulação do reator anaeróbio 2.

Figura 2 – Coletor de gás



Fonte: Do autor (2016).

Figura 3 – Tubulação de saída de biogás, localizada na parte superior do reator de tratamento de efluentes anaeróbio 2



Fonte: Do autor (2016).

Figura 4 – *Bag* coletor de gás



Fonte: Do autor (2016).

As coletas de biogás foram realizadas por um período de 4 dias, sendo as datas e horários definidos, quando a estação de tratamento operava com a eficiência normal de tratamento de efluentes. O coletor de gás utilizado, foi desenvolvido pelos laboratórios de química e de biorreatores do centro universitário Univates. O procedimento de coleta com o coletor de gás, foi inicialmente, a colocação do mesmo com a abertura de entrada deste, dentro do cano de saída de biogás, do tanque de tratamento anaeróbio de efluentes 1, após isto, as válvulas de regulação de abertura de entrada e saída de gás foram abertas em sua totalidade, por 10 minutos, em seguida, a válvula de saída de gás foi fechada totalmente e após 10 minutos, a válvula de entrada de gás foi totalmente fechada. Posteriormente, o gás foi retirado do coletor de gás, inserindo-se uma seringa na entrada para retirada do gás, que é vedada com um septo, aspirando para a seringa o gás presente internamente no coletor de gás.

Já o procedimento de coleta com o *bag* coletor de gás, foi inicialmente, a colocação do mesmo com a mangueira de entrada e saída de gases, dentro do cano de saída de biogás, do tanque de tratamento anaeróbio de efluentes 2, com a válvula de regulação de abertura de entrada e saída de gás, aberta em sua totalidade, por 10 minutos, observando-se uma pequena inflagem do mesmo, após retirou-se a mangueira da tubulação e a válvula de entrada de gás foi totalmente fechada. Posteriormente, o gás foi retirado do *bag* coletor de gás, acoplado-se neste uma seringa na mangueira de saída e entrada de biogás e após a abertura da válvula de regulação de entrada e saída de gás, aspirou-se para dentro da mesma, parte do gás contido dentro do *bag*.

Após isto, em ambas as metodologias de coleta, o gás coletado, foi analisado em equipamento para a quantificação da concentração de metano contida no biogás, isto foi realizado a partir da injeção do biogás em um sensor específico para a medição da concentração (%) de gás metano, denominado *Advanced Gasmittter*, produzido pela empresa PRONOVA *Analysentechnik GmbH & Co*, conforme Figura 5, no laboratório de biorreatores do centro universitário Univates. Também foi analisada a qualificação do biogás gerado, conectando diretamente no cano de saída de biogás do reator, o analisador Biogás 5000, da empresa Geotech, conforme Figura 6. Este determinou as quantidades em concentração (%) de  $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$ ,  $CO$  e  $H_2S$ .

Figura 5 – Sensor específico para a medição da quantificação da concentração (%) de gás metano



Fonte: Do autor (2016).

Figura 6 – Analisador de qualificação em concentração (%) do biogás.



Fonte: Do autor (2016).

Os demais dados coletados foram expostos em tabelas, lançados e calculados em software Microsoft Excel, para determinação de resultados, sendo que a demanda química de oxigênio (DQO) removida foi calculada, através da Equação 2.



$$\text{DQO}_{\text{removida}} \text{ (kg / m}^3\text{)} = \text{DQO}_{\text{afluente}} \text{ (kg / m}^3\text{)} - \text{DQO}_{\text{efluente}} \text{ (kg / m}^3\text{)} \quad (2)$$

Assim, de posse destes dados, calculou-se também a DQO total removida por dia, em kg/m<sup>3</sup>/dia, através da Equação 3, considerando que a estação opera 24 horas por dia.

$$\text{DQO}_{\text{removida}} \text{ (kg / m}^3\text{/dia)} = \text{DQO}_{\text{removida}} \text{ (kg / m}^3\text{)} \times \text{Vazão}_{\text{afluente}} \text{ (m}^3\text{/dia)} \quad (3)$$

Utilizando-se do resultado da média destas 4 datas de coletas, a produção energética da ETE, com a avaliação da vazão de biogás gerada diariamente, foi realizada a partir da média de carga de DQO kg/m<sup>3</sup> afluente ao reator, removida, multiplicada por 0,35 m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>, nas condições normais de temperatura e pressão (0°C e 1 atm), a partir da degradação da glicose. Onde para a conversão do metano em biogás, adotou-se o valor de referência de 70% de metano no biogás obtido, a partir da digestão anaeróbia de esgotos domésticos, conforme metodologia descrita em (TCHOBANOGLIOUS; BURTON; STENSEL, 2013).

O cálculo da relação da média de m<sup>3</sup> de biogás gerado na estação, por kg de DQO removida, com a concentração média de gás metano, foi realizado determinando a produção de m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub> . kg<sup>-1</sup>DQO, comparando-se este resultado com o valor de referência teórico (PRADO; CAMPOS, 2008).

A partir desta determinação, calculou-se o quanto a média de biogás gerado na estação de tratamento de efluentes (ETE), sem o uso de filtro (inserção de processos de pré- tratamento do biogás), pode substituir, ou, reduzir o consumo de lenha utilizada em queima na caldeira, através da Equação 4, descrita por Oliveira (2009).

$$1\text{kg de lenha} = 0,65 \text{ m}^3 \text{ de biogás} \quad (4)$$

Também se pode determinar o quanto o biogás médio gerado na ETE, com o uso de filtro, pode substituir e reduzir o consumo de lenha utilizada em queima na caldeira, através da Equação 5, descrita por Nogueira, Bispo e Franco (2014).

$$1\text{kg de lenha} \geq 3.774 \text{ kcal} \quad (5)$$

Uma vez que o biogás pode atingir em torno de 12.000 kcal/m<sup>3</sup> com a retirada de CO<sub>2</sub>, ou seja, com a sua purificação (CERVI; ESPERANCINI; BUENO, 2010; KONRAD et al., 2010).

Após calculou-se a redução do custo diário de utilização e compra de lenha para a empresa, simulando a queima do biogás bruto e purificado (m<sup>3</sup>/dia) em caldeira. Assim, como o custo por kg de lenha para a empresa é de R\$ 0,069, se fez a seguinte relação, conforme Equação 6.

kg de lenha reduzido X custo do kg de lenha para a empresa (6)

Ainda este último parâmetro, foi calculado em termos percentuais, usando a média de lenha em caldeira de 27.200 kg /dia, conforme Equação 7.

kg de lenha reduzido x 100/utilização média de lenha diária na empresa (7)

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a determinação teórica e experimental do biogás gerado, os valores obtidos foram utilizados para as estimativas de geração de energia. Na Tabela 1 têm-se os resultados da análise de qualificação do biogás gerado.

Tabela 1 – Resultados da análise de qualificação do biogás gerado

Composto analisado	Concentração (% mg/L)
CH <sub>4</sub>	53,50
CO <sub>2</sub>	34,00
O <sub>2</sub>	3,40
CO	0,011
H <sub>2</sub> S	0,172

Fonte: Do autor (2016).

Conforme determinado na análise de qualificação do biogás gerado, há a existência de 0,172% de H<sub>2</sub>S e 34% de CO<sub>2</sub> nesta composição, assim, conforme referências, com o conhecimento destes parâmetros, é recomendável o uso de filtros (processos de pré- tratamento do biogás, para a remoção do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), da umidade e também de ácido sulfídrico (H<sub>2</sub>S)), a fim de aumentar o poder calorífico do gás, já que com isto o biogás se torna o biometano e também evita danos aos equipamentos (ABIOGÁS, 2015).

A composição média de biogás proveniente de diferentes resíduos orgânicos, em CO<sub>2</sub> é de 25 a 40% e de H<sub>2</sub>S é de 0,1 a 0,5%. Assim o resultado de CO<sub>2</sub> determinado, está conforme esta referência. Já o H<sub>2</sub>S determinado, está próximo ao percentual mínimo e dentro desta faixa, qualificando positivamente este biogás gerado na ETE, devido às características já citadas em relação ao H<sub>2</sub>S (SALOMON; LORA, 2005).

Na Tabela 2 estão os dados e resultados coletados e analisados na ETE.

Tabela 2 – Dados e resultados coletados e analisados na ETE

Coletas (data)	Concentração de CH <sub>4</sub> (%)	Vazão afluyente (m <sup>3</sup> /dia)	DQO afluyente (kg/m <sup>3</sup> )	DQO efluyente (kg/m <sup>3</sup> )
20/10/16	53,50	35,76	11,25	2,75
26/10/16	54,15	46,56	9,71	2,84
27/10/16	60,69	50,4	9,85	2,68
28/10/16	49,77	43,44	11,99	2,37
<b>Média</b>	<b>54,53±4,54</b>	<b>44,04±6,21</b>	<b>10,70±1,11</b>	<b>2,66±0,20</b>

Fonte: Do autor (2016).

A concentração (%) de CH<sub>4</sub> apresentou um valor mínimo de 49,77% e um valor máximo de 60,69% e uma média de 54,53%. O desvio padrão (s) foi de 4,54%. A variação da concentração de metano está relacionada à modificação dos parâmetros do processo no decorrer do tratamento, pelo aumento gradativo das cargas aplicadas, ocasionando diversas alterações, no tratamento anaeróbio do afluyente, provocando variações nas eficiências de remoção dos compostos orgânicos (PRADO; CAMPOS, 2008). Na Tabela 3 têm-se os resultados calculados de produção teórica de biogás e CH<sub>4</sub>, em relação ao valor de DQO removida.

Tabela 3 – Resultados calculados de produção teórica de biogás e CH<sub>4</sub>, em relação ao valor de DQO removida

Coletas (data)	DQO removida (kg/m <sup>3</sup> )	DQO removida (kg/dia)	CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /dia)	Produção de biogás (m <sup>3</sup> /kgDQO <sub>removida</sub> )	Produção de CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /kgDQO <sub>removida</sub> )
20/10/16	8,50	303,89	106,36	0,52	0,28
26/10/16	6,87	319,96	111,99	0,68	0,37
27/10/16	7,17	361,57	126,55	0,74	0,45
28/10/16	9,62	417,68	146,19	0,63	0,32
<b>Média</b>	<b>8,04±1,27</b>	<b>354,07±50,79</b>	<b>123,92±17,78</b>	<b>0,64±0,09</b>	<b>0,35±0,07</b>

Fonte: Do autor (2016).

Considerando a produção média de biogás de 0,64m<sup>3</sup>/kgDQO<sub>removida</sub> com uma concentração média de metano de 54,53%, se obtém uma produção média de metano de 0,35m<sup>3</sup>/kgDQO<sub>removida</sub>, estando exatamente conforme o valor de referência de Tchobanoglous, Burton e Stensel (2013). Havendo um desvio padrão na produção de biogás de 0,09 m<sup>3</sup>/kgDQO<sub>removida</sub> e de 0,07 m<sup>3</sup>/kgDQO<sub>removida</sub> na produção de metano. Na Tabela 4 estão os dados calculados,

mensurando a utilização do potencial energético médio da ETE em produção de biogás, sem o uso de filtro, substituindo a queima de lenha em caldeira.

Tabela 4 – Resultados calculados, mensurando a utilização do potencial energético médio da ETE em produção de biogás, sem o uso de filtro, substituindo a queima de lenha em caldeira

<b>Redução do uso de lenha (kg/dia)</b>	<b>Redução do uso de lenha (%)</b>	<b>Redução de custo (R\$/dia)</b>
349,85	1,29	24,18

Fonte: Do autor (2016).

Na Tabela 5 estão os resultados calculados, mensurando a utilização do potencial energético médio da ETE em produção de biogás, com uso de filtro, substituindo a queima de lenha em caldeira.

Tabela 5 – Resultados calculados, mensurando a utilização do potencial energético médio da ETE em produção de biogás, com uso de filtro, substituindo a queima de lenha em caldeira

<b>Redução do uso de lenha (kg/dia)</b>	<b>Redução do uso de lenha (%)</b>	<b>Redução de custo (R\$/dia)</b>
394,04	1,45	27,23

Fonte: Do autor (2016).

Os resultados foram satisfatórios, já que em termos do potencial energético da ETE se mostrou viável a implantação de um projeto de utilização do biogás gerado, na queima em caldeira, conforme Tabela 4 e 5, onde na Tabela 4, a mensuração de sua utilização é feita sem o uso de filtro, podendo reduzir em média o consumo diário de 349,85 kg de lenha, utilizada em queima na caldeira, sendo assim, considerando o uso médio total de lenha utilizada diariamente na empresa, para este mesmo fim, esta redução equivale a 1,29%, já esta relação de custo diário com compra de lenha, é de R\$ 24,18. Na Tabela 5, os resultados obtidos mensuram o potencial energético da ETE, e foi observado que com o uso do filtro, ocorreu um incremento de 0,16% na redução do consumo médio total de lenha utilizada diariamente na empresa, que equivale a um ganho de eficiência deste uso energético do biogás gerado, de 12,4%. Isto se deve ao fato do biogás poder atingir em torno de 12.000 kcal/m<sup>3</sup>, quando purificado, tornando o mesmo, biometano, conforme Cervi; Esperancini; Bueno, 2010, Konrad et al. (2010) e Abiogás (2015).

Cabe salientar que, considerando a relação de redução de custo, a empresa opera em média 24 dias por mês e 288 dias por ano, tornando os valores obtidos significativos.

Ademais, com o uso deste biogás gerado na queima em caldeira, os ganhos ambientais são significativos, devido à conversão do gás metano emitido na atmosfera, para  $\text{CO}_2$ , levando a uma redução do potencial de poluição ambiental, além da redução de extração de um recurso natural, que no caso, é a madeira (OLIVEIRA, 2009).

Assim, além do incremento de eficiência energética dado a inserção de processos de pré-tratamento do biogás, com remoção do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), da umidade e ácido sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), danos aos equipamentos são evitados, por isto, recomenda-se a utilização de filtros.

Também se recomenda a medição da vazão de biogás gerada na ETE, por um intervalo maior de tempo do que foi realizada neste trabalho, a fim de determinar com maior precisão a capacidade energética da estação, para proposta de implementação do projeto na planta da empresa, obtendo-se uma mensuração do tempo de retorno do investimento, com esta redução de custo no uso de lenha, dada a utilização conciliada de biogás em queima na caldeira.

#### 4 CONCLUSÃO

O trabalho atingiu todos os objetivos propostos no mesmo, pois foi possível se fazer a caracterização do gás metano e biogás gerado na ETE da empresa, com isto se pode concluir que a utilização do biogás purificado, ou não, na queima em caldeira, pode reduzir o custo com compra de lenha para a empresa, fazendo com que o trabalho possa recomendar a aplicação de um projeto piloto na planta na empresa, utilizando este biogás gerado na queima em caldeira. Na utilização do mesmo, é recomendável a aplicação de filtragem deste biogás gerado, antes da queima, tornando o mesmo biometano, sendo justificado pelo incremento em eficiência energética de 12,4%, e também, em função do aumento da vida útil de equipamentos e peças metálicas utilizadas no sistema instalado, devido à eliminação, ou redução percentual do ácido sulfídrico contido neste biogás. Além disto, esta aplicação reduz em 20 vezes o impacto da emissão dos gases em relação ao efeito estufa, devido à conversão do  $\text{CH}_4$  em  $\text{CO}_2$  e ainda reduz a utilização de um recurso natural, a madeira, para a geração energética, em 1,45%, que equivale a uma redução diária média de custo energético atual em caldeira de R\$ 27,23. Portanto, conclui-se que o potencial energético da ETE, instalada na empresa Docile Alimentos, na cidade de Lajeado, RS, Brasil, é suficiente para justificar e recomendar a aplicação de um projeto piloto na empresa, utilizando o biogás gerado atualmente, para queima em caldeira.

## REFERÊNCIAS

ABIOGÁS. Associação Brasileira de Biogás e Biometano. **Biogás e Biometano**. São Paulo: ABIOGÁS, 2015. Disponível em <<http://www.abiogas.org.br/biog-s-e-biometano>>. Acesso em 01 dez. 2016.

ARAÚJO, Amanda V.; FEROLDI, Michael; URIO, Mateus B. Uso de biogás em máquinas térmicas. **Journal of agronomic Sciences**, Umuarama, v.3, n. especial, p. 274-290, 2014.

ARRUDA, Mateus. Z. **Análise de combustíveis de caldeiras**. 2009. 74f. Trabalho de Conclusão (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

CERVI, Ricardo G.; ESPERANCINI, Maura S.T.; BUENO, Osmar de C. Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suinícola para a geração de energia elétrica. **Revista Scielo**, Jaboticabal, v.30, n.5, p.831-844, set/out, 2010.

DEGANUTTI, Roberto.; PALHACI, Maria do C.J.P.; ROSSI, Marco.; TAVARES, Roberto.; SANTOS, Claudemilson. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4, Campinas. **Anais...** Campinas, 2002.

DOCILE. **Universo Docile**. 2016. Disponível em: <<http://www.docile.com.br/universo/>>. Acesso em: 06 dez. 2016.

GONÇALVES, Hérika F.E.; LIMA, Rubiléia Dos S.; WEISS, Valéria A.B.; MENEZES, Vanessa Da S. **O biodigestor como princípio de sustentabilidade de uma propriedade rural**. 2009. Disponível em: <[http://www.catolica-to.edu.br/portal/portal/downloads/docs\\_gestaoambiental/projetos2009-1/1-periodo/O\\_biodigestor\\_como\\_principio\\_de\\_sustentabilidade\\_de\\_uma\\_propriedade\\_rural.pdf](http://www.catolica-to.edu.br/portal/portal/downloads/docs_gestaoambiental/projetos2009-1/1-periodo/O_biodigestor_como_principio_de_sustentabilidade_de_uma_propriedade_rural.pdf)>. Acesso em: 24 dez. 2016.

IANNICELLI, André L. **Reaproveitamento energético de uma empresa cervejeira**. 2008. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de Taubaté, Taubaté, 2008.

INOUE, Keles R. A. **Produção de biogás, caracterização e aproveitamento agrícola do biofertilizante obtido na digestão da manipueira**. 2008. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade de Viçosa, Viçosa, 2008.

KONRAD, O.; HEBERLE, Alan N. A.; CASARIL, Camila E.; KAUFMAN, Gustavo B.; LUMI, Marluce; DALL’OGLIO, Michel; SCHMITZ, Michele. Avaliação da produção de biogás e geração de metano a partir de lodo de estação de tratamento de efluentes e glicerina residual. **Revista Destaques Acadêmicos**, Lajeado, ano 2, n. 4, 2010.

LOPES, Alexandre O.; PORTUGAL, Nilton S.; PORTUGAL, Pedro S. J.; GUEDES, Luiz C. V. Produção de Metano em estações de tratamento de esgotos e cogeração de

energia elétrica: Um estudo de caso na ETE e passos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2011.

NOGUEIRA, Elis W.; BISPO, Carlos J.; FRANCO, Daniel S. Potencial de utilização do eucalipto para geração de energia no município de Paragominas/PA, Brasil. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE, 4, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves, 2014.

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.** 2009. 98f. Trabalho de Conclusão (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

PORTAL BRASIL. **Brasil é destaque global no uso de biomassa.** 2011. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/12/brasil-e-destaque-global-no-uso-de-biomassa>>. Acesso em 28 dez. 2016.

PRADO, Marco A. C.; CAMPOS, Cláudio M. M. Produção de biogás no tratamento dos efluentes líquidos do processamento de *Coffea Arabica L.* Em reator anaeróbico UASB para o potencial aproveitamento na secagem do café. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 938-947, maio/jun., 2008.

PRATI, Lisandro. **Geração de energia elétrica a partir do biogás gerado por biodigestores.** 2010. 83f. Trabalho de conclusão (Graduação em Engenharia Elétrica) Universidade de Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

ROYA, Bruno; FREITAS, Eduarado; BARROS, Evandro; ANDRADE, Fábio; PRAGANA, Michael; SILVA, Djalma J. A. Biogás – Uma energia limpa. **Rev. Novo Enfoque**, v. 13, n. 13, p. 142-149, 2011.

SALOMON, Karina R.; LORA, Electo E. S. Estimativa do potencial de geração de energia elétrica para diferentes fontes de biogás no Brasil. **Biomassa e Energia**, v. 2, n. 1, p. 57-67, 2005.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F.L.; STENSEL, H.D. **Wastewater engineering: Treatment and reuse.** 4. ed. New York: Metcalf & Eddy, 2013. Disponível em: <[http://www.sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/TCHOBANOGLIOUS%20et%20al.%202003%20Wastewater%20Engineering.pdf](http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/TCHOBANOGLIOUS%20et%20al.%202003%20Wastewater%20Engineering.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2016.

ZANETTI, André L.; **Potencial de aproveitamento energético de biogás no Brasil.** 2009. 105f. Dissertação (Mestrado em Planejamento energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.