



Faculdades Adamantinenses Integradas (FAI)

[www.fai.com.br](http://www.fai.com.br)

RODRIGUES, Dayse Laine; AQUINO, Camila Ferreira; ESTEVAM, Guiliano Pierre. Produção de biogás a partir dos esgotos utilizando reatores anaeróbicos do tipo rafa seguido por lodos ativados numa estação de tratamento de esgoto. Omnia Exatas, v.4, n.2, p.103-109, 2011.

# **PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DOS ESGOTOS UTILIZANDO REATORES ANAERÓBIOS DO TIPO RAFA SEGUIDO POR LODOS ATIVADOS NUMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO**

*BIOGAS FROM WASTEWATER USING ANAEROBIC REACTORS OF UASB TYPE FOLLOWED BY ACTIVATED SLUDGE IN A SEWAGE TREATMENT PLANT.*

**Dayse Laine Rodrigues**

**Camila Ferreira de Aquino**

Graduandas em Biocombustíveis, FATEC – Araçatuba -SP

**Giuliano Pierre Estevam**

Professor Doutor – Faculdade de Tecnologia em Biocombustíveis – FATEC – Araçatuba -SP

## **RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a produção de biogás a partir dos sistemas de tratamento de esgoto tipo RAFA (Reator anaeróbico de fluxo ascendente), na estação de tratamento de esgoto situada na região noroeste de São Paulo, a qual não dispõe do tratamento primário, apenas secundário, tendo o sistema de tratamento de esgoto por aeração prolongada (degradação da matéria orgânica por meio da “adição” de oxigênio), perdendo com isso, a possibilidade de geração de biogás devido à morte das bactérias metanogênicas que são anaeróbias (metabolizam apenas na ausência de oxigênio) e responsáveis pela produção de metano (CH<sub>4</sub>). Quanto maior a quantidade de metano maior é a eficiência da queima e, portanto maior o aproveitamento energético, seja para energia elétrica ou a utilização dos vapores gerados para a própria ETE (estação de tratamento de esgoto). Segundo Pecora (2006), para cada habitante, é esperado que seja gerado 0,054 kg de DBO (demanda bioquímica de oxigênio), na cidade em questão, a quantidade de carga orgânica é equivalente a uma população de 240.000, isto porque a estação de tratamento de esgoto, além do esgoto doméstico, também recebe o esgoto industrial recém tratado nas próprias empresas. É estimado que a estação de tratamento de esgoto produza por dia, utilizando o sistema RAFA, cerca de 1493 m<sup>3</sup> de biogás, sendo desta quantia, 970,45 m<sup>3</sup> somente de metano. Conceituando pesquisas já elaboradas acerca do biogás dos esgotos, assim como relacioná-las com o estudo em questão também utilizando fórmulas matemáticas, tornará a visão mais clara e objetiva para que possa ser traçada uma perspectiva de geração de biogás mais coerente, de acordo com as características estruturais e dinâmicas da estação de tratamento de esgoto. Aumentar o potencial energético e satisfazer parcialmente a dependência energética da ETE, já que numa estação de tratamento de esgoto os gastos referentes à energia elétrica são altos e a alternativa encontrada (utilização do biogás) colabora para redução do consumo de eletricidade proveniente da rede, sendo assim, em termos de eficiência energética haverá um aumento significativo, embora não seja possível torná-la auto-suficiente em energia, já que é grande a demanda de eletricidade requerida pelos equipamentos do processo de tratamento de esgoto.

**Palavras- chave: Reator RAFA. Estação de tratamento de esgoto. Lodos ativados**

## SUMMARY

This study aims to assess the production of biogas from sewage treatment systems such UASB (Upflow anaerobic sludge blanket), the sewage treatment station located in the northwest of Sao Paulo, which has no primary treatment only secondary, while the system for sewage treatment with extended aeration (organic matter degradation through "addition" of oxygen), thus losing the possibility of generation of biogas due to the death of methanogenic bacteria are anaerobic (metabolize only in the absence of oxygen) and responsible for the production of methane (CH<sub>4</sub>). The higher the amount of methane is greater efficiency of burning and therefore the greater the energy use, whether for electricity or steam generated for use of their own WWTP (wastewater treatment plant). According Pecora (2006), for each inhabitant, is expected to be generated 0.054 kg of BOD (biochemical oxygen demand) in the city in question, the amount of organic load is equivalent to a population of 240,000, because a treatment plant sewage, as well as domestic sewage, industrial waste also gets treated just the companies themselves. It is estimated that the sewage treatment plant produce per day using the UASB system, about 1493 cubic meters of biogas, and this amount, only 970.45 cubic meters of methane. Conceptualizing research has elaborated on the biogas from sewage, as well as relate them to the study in question also using mathematical formulas, the vision becomes clearer and more objective that can be traced to a perspective more consistent generation of biogas, according to the structural characteristics and dynamics of the sewage treatment plant. Improving the energy and partially satisfy the energy dependence of ETE, as a sewage treatment plant costs related to electricity are high and alternative found (use of biogas) is working to reduce consumption of electricity from the network, so in terms of energy efficiency will increase significantly, although you can not make it self-sufficient in energy, since it is large demand for electricity required by the equipment of the sewage treatment process.

**Key -words: UASB Reactor. Sewage treatment plant. Activated sludge**

## INTRODUÇÃO

A deficiência no tratamento do esgoto doméstico (efluentes líquidos residenciais) é um problema que atinge todo o Brasil. No Estado de São Paulo, que possui aproximadamente 32,5% do PIB do país, o esgoto é coletado nas áreas urbanas, e geralmente não recebe nenhum tipo de tratamento antes de ser despejado “*in natura*” nos cursos de água. O esgoto tem alto potencial poluidor e caráter tóxico tanto para vida humana quanto animal, por isso requer uma série de tratamentos visando diminuir estes malefícios. (COSTA, 2006).

Segundo Pecora (2006), a geração de resíduos sólidos urbanos, efluentes industriais ou comerciais e resíduos rurais são diretamente proporcionais a quantidade de habitantes e seus hábitos de consumo. “A coleta, tratamento e disposição adequada destes resíduos se refletem na qualidade de vida da população e das águas dos rios e águas subterrâneas, na atividade pesqueira e nos vetores patogênicos.” (PECORA, 2006, p.16).

As fontes renováveis e/ou inesgotáveis tem se demonstrado cada vez mais como forma alternativa de substituição do petróleo, já que minimiza os gases de efeito estufa, há aproveitamento de resíduos que poderiam estar sendo despejados em corpos aquáticos sem tratamento, ou mesmo, sendo expostos a céu aberto emitindo gases e sendo uma fonte de doenças para a população.

O biogás derivado de lixo, esgoto ou esterco bovino, suíno etc., tem sido alvo de estudos e inúmeros trabalhos acerca dos mesmos já foram publicados, o que ressalta mais ainda sua importância quanto a sua viabilidade econômica e ambiental.

Os resíduos sólidos urbanos, efluentes industriais ou comerciais e resíduos rurais são produzidos em larga escala, condição que faz possível realizar o aproveitamento dos mesmos, por meio da fermentação anaeróbia produzindo biogás, matéria prima para substituição do GLP, combustível, ou para a geração de energia elétrica etc.

Segundo Pecora (2006), para que uma estação de tratamento de esgoto possa produzir e obter um grande rendimento do biogás do esgoto é necessário que a mesma possua um tratamento primário de esgoto, ou seja, um sistema onde não seja incorporado ar a princípio e que o afluente tenha condições ideais para o metabolismo das bactérias metanogênicas, tais como:

- Impermeabilidade ao ar
- Natureza do substrato
- Composição dos resíduos
- Teor de água
- Temperatura
- pH

Segundo Von Sperling (2002), o reator RAFA (reator anaeróbio de fluxo ascendente), é hoje um dos sistemas mais empregados para o tratamento de efluentes, apresentando diversas vantagens, por exemplo, em relação aos decantadores primários, que ao contrário do reator RAFA necessita de maiores números de unidades diferentes a serem implantadas (adensadores, digestor primário e secundário), e com isto tem-se menor simplicidade operacional e aumento no consumo de energia (maior quantidade de DBO remanescente a ser estabilizada pelos tanques de aeração). Contudo é evidenciado o porquê do sistema RAFA ser

implantado na estação de tratamento de esgoto para estudo (geração de biogás para conversão em energia elétrica ou destinação do biogás para a queima em reatores térmicos para desinfecção de lodos).

A estação de tratamento de esgoto citada neste trabalho se situa na região noroeste de São Paulo, a qual não dispõe de tratamento primário de esgoto, impossibilitando-a da geração de biogás, então o objetivo do estudo é traçar uma perspectiva (biogás do esgoto) se caso a mesma tivesse instalado um sistema RAFA seguido por lodos ativados, em complementação aos sistemas atualmente em funcionamento. No caso da ETE de estudo não é realizada a desinfecção do lodo, portanto o mesmo não pode ser destinado para o uso como biofertilizante, contudo este trabalho apresenta sugestões para que a ETE possa realizar o aproveitamento dos resíduos gerados.

## MATERIAS E MÉTODOS

Realizando pesquisas em campo, assim como relacionar teorias de diferentes autores acerca da geração e uso do biogás do esgoto para que possa assim ser realizada uma perspectiva mais coerente da produção de biogás da estação de tratamento de esgoto.

Aplicar fórmulas, substituindo os dados existentes ETE (estação de tratamento de esgoto em estudo), tais como: (NUVOLARI et al,2003)

$$P_{\text{gás}} = 0,12 \text{ m}^3\text{gás/kg.DBO} \times \text{DBO kg/m}^3 \times Q \text{ (m}^3\text{/dia)}$$

Onde:

$P_{\text{gás}}$  = produção de biogás

0,12 m<sup>3</sup> gás/kg.DBO = valor adotado

DBO kg /m<sup>3</sup> = valor de DBO da estação de tratamento de esgoto (afluente ou de entrada)

Q(m<sup>3</sup>/dia) = vazão diária de esgoto da ETE

Quantidade de metano: m<sup>3</sup> (biogás gerado) x 0,65 (porção de metano estimada para esgoto)

Produção de energia elétrica:

Quantidade média de poder calorífico inferior do metano (PCI)<sup>1</sup>: 8.000 kcal

8.000 kcal convertidos em kJ (x 4,18) = 33.440 kJ (s) – necessária conversão em kWh, então se divide por 3.600 resultando em aproximadamente 9,3<sup>2</sup> kWh

Então em 1 m<sup>3</sup> de metano, possui 8.000 kcal que equivalem a 9,3 kWh. Realiza-se o cálculo de proporcionalidade:

1 m<sup>3</sup> de metano ---- 9,3 kWh

m<sup>3</sup> (quantidade de metano gerado pela ETE) ---- x

x =?

<sup>1</sup> A quantidade de metano é utilizada, pois o mesmo é responsável pela eficiência energética. O restante dos componentes do biogás como dióxido de carbono, pode prejudicar a queima (combustão), pois absorve parte da energia gerada, por isso é fundamental o processo de purificação do biogás (PECORA, 2006).

<sup>2</sup> Valor em kWh e poder calorífico inferior variam de acordo com a eficiência dos equipamentos empregados para conversão energética.

## RESULTADOS

A ETE de estudo produzirá por dia uma quantidade aproximada de 1.493 m<sup>3</sup>, sendo a porção de metano da ordem de 970,45 m<sup>3</sup>. Mensalmente é esperado que seja gerado 44.790 m<sup>3</sup> de biogás, contudo isso é possível que a ETE possa ser suprida parcialmente a demanda de energia elétrica.

Para estação de tratamento de esgoto, a quantidade demandada em potência de 750 kW para horário de ponta (18 h às 21 h), é cobrado o valor em torno de R\$ 27,00 reais pela concessionária de energia para cada kW. Para horário fora de ponta (21 h às 17 h), a demanda de potência é de 850 kW sendo taxado um valor aproximado de R\$ 7,80 reais, resultando em aproximadamente R\$ 26.880 reais mensais somente de demanda de potência (kW). Em relação ao consumo em kWh, a ETE Sanear consome no horário de ponta em torno de 38.200 kWh, onde cada kWh é taxado de aproximadamente 0,28 centavos. Para horário fora de ponta, o gasto energético circunda em torno de 430.000 kWh, que recebe taxaço de 0,18 centavos por kWh. Então totalizando R\$ 88.096 reais (em relação à kWh). Vale salientar que as estações elevatórias gastam aproximadamente R\$ 30.000 reais. Contudo isso, conclui-se que a despesa energética da ETE Sanear, é estimada em R\$ 144.976,00 reais. Com a utilização do biogás do esgoto gerado pela ETE, é esperada a produção de 9.024,72 kWh/dia, resultando numa minimização de R\$ 62.273,77 reais mensais (considerando o valor de cada kWh, em torno de 0,23 centavos) na conta de energia da ETE.

O gasto com estações elevatórias de esgoto circunda em torno de 30 mil reais, que pode ser suprido totalmente com a utilização do biogás do esgoto, desta forma é reduzido o valor total da conta para R\$ 82.702,23 reais.

Segundo Borges e seus colaboradores (2004), o biogás do esgoto ainda pode ser destinado para desinfecção de lodos, pela sua queima (tratamento térmico de lodos), cuja quantidade produzida (biogás) é mais do que suficiente para satisfazer as necessidades da ETE.

## CONCLUSÕES

A utilização do biogás observou-se como uma alternativa racional de aproveitamento de resíduos produzidos na própria ETE, porém ainda não é possível a auto-suficiência energética, pois a potência demandada pelos equipamentos da ETE ainda é alta, principalmente dos tanques de aeração, que podem corresponder a 50% do consumo. Em relação à utilização do biogás para uso na desinfecção do lodo a ETE pode se tornar auto-suficiente.

Os valores obtidos são apenas perspectivas que podem variar com o tipo de equipamento utilizado para geração de energia elétrica, seja turbinas a gás, motores (ciclo Otto) acoplados a geradores, micro-turbinas, cada qual com seu rendimento específico. A quantidade de biogás para tratamento térmico de desinfecção de lodos e geração de energia elétrica é estimada, cuja produção pode variar com a quantidade de DBO (demanda bioquímica de oxigênio), vazão diária (m<sup>3</sup>), etc.

Pretende-se estudar o dimensionamento dos reatores RAFA que atendam as exigências (DBO, Demanda Química de Oxigênio, vazão diária, carga orgânica e hidráulica, etc.) da ETE, já que não há ainda um roteiro claro e sistematizado que seja acessível aos projetistas sobre o

dimensionamento dos mesmos (CAMPOS et al. 1999). Estudar as diferenças de rendimento, aproveitamento energético com os diversos tipos de sistemas para geração de energia elétrica (turbinas à gás, motor gerador, etc.), assim como um estudo mais aprofundado sobre uso do biogás para queima em reatores térmicos.

## REFERÊNCIAS

BORGES, E.S.M; GODINHO, V.M; CHERNICHARO, C.A.L **Thermal hygienization of excess anaerobic sludge: a possible self-sustained application of biogas produced in UASB reactors.** Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2004.

CAMPOS, J.R. et al. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo.** PROSAB. Rio de Janeiro: Abes, 1999.

COSTA, David da. **Geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento de esgoto.** 2006. 194f. Dissertação (Mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia) – EP / FEA / IEE / IF da Universidade de São Paulo.

LIMA, Felipe Palma. **Energia no tratamento de esgoto: análise tecnológica e institucional para conservação de energia e uso do biogás.** 139f. Dissertação (Mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia) – EP / FEA / IEE / IF da Universidade de São Paulo.

NUVOLARI, Ariovaldo et al (coord.). **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola.** São Paulo: Blücher, 2003.

PECORA, Vanessa. **Implementação de uma Unidade Demonstrativa de Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás de Tratamento do Esgoto Residencial da USP: estudo de caso.** 2006. 153f. Dissertação (Mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia) – EP / FEA / IEE / IF da Universidade de São Paulo.

VON SPERLING, Marcos. **Lodos ativados.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA), 2002.

\_\_\_\_\_. **Princípios básicos do tratamento de esgoto.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA), 2002.