

II-248 – ANÁLISE DA VIABILIDADE DO USO DO BIOGÁS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA ETE DE ITABIRA-MG

Camila Ferreira Soares⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Faculdade Itabirana de Desenvolvimento das Ciências e Tecnologias (FACCI/FUNCESI).

Andréa Luiza da Silva⁽²⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Ouro Preto. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

Rupert Barros de Freitas⁽³⁾

Agrônomo e Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa.

Endereço⁽¹⁾: Rua São Geraldo, s/n Bloco D5 Apto 202 – Bairro: Juca Batista - Itabira - MG - CEP: 35900-465 - Brasil - Tel: +55 (31) 8605-1977 - e-mail: camilafersoares1989@hotmail.com

RESUMO

O uso de tecnologias renováveis tem sido cada vez mais estudado, visto que muitas fontes energéticas utilizadas atualmente necessitam de recursos naturais que são esgotáveis e podem poluir, significativamente, o meio ambiente. Como substituições destas matrizes energéticas atuais foram criadas tecnologias como: o aproveitamento da energia solar, a eólica, a marítima, a nuclear, entre outras. Contudo nenhuma destas chegou a substituir efetivamente os modelos atuais devido ao alto investimento na implantação e manutenção. Diante dessa situação, o presente trabalho investigou a viabilidade econômica e ambiental da reutilização de biogás gerado em reatores UASB para a geração de energia elétrica em uma estação de tratamento de esgotos (ETE) em Itabira/MG. Através da análise do volume de biogás, percebeu-se que essa geração é influenciada diretamente pela precipitação e temperatura ocorrida na região. Contudo, o volume de biogás produzido é considerável (média 425m³/d) para ser reaproveitado como energia elétrica. A presença de gás sulfídrico, como fator limitante da produção de biogás, é pouco significativa (10⁻⁶m³) e não proporciona riscos à saúde humana e a equipamentos feitos de concreto e metal. Com base nos resultados da análise da viabilidade, pode-se considerar a adoção de um sistema de conversão de energia elétrica com o motor de ciclo Otto e todos os outros equipamentos necessários como viável para o porte atual da ETE Itabira, devido ao atendimento ao consumo energético da própria empresa com sobras e retorno financeiro em um ano da implantação. Além disso, deve-se considerar o armazenamento do biogás como fator importante para o funcionamento do sistema, pois a vazão de biogás é instável e o sistema exige uma vazão controlada.

PALAVRAS-CHAVE: ETE, Biogás, Energia Elétrica, Reator UASB.

INTRODUÇÃO

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 aterros sanitários e estações de tratamento de esgotos (ETEs).

Visto que o biogás, diferente do álcool e óleos extraídos de outras culturas, não ocupa terras disponíveis para a produção de alimentos, mas une a agricultura, o meio ambiente e produção de energia elétrica, com impactos econômicos e sociais. (QUADROS *et. al.*, 2007)

O Biogás é uma mistura de gases provenientes da digestão anaeróbica da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos dispostos em aterros sanitários ou em efluentes captados por ETEs. No caso particular do Brasil, com o aumento da implantação de reatores e biodigestores anaeróbicos para o tratamento de esgoto doméstico, de efluente industrial e de dejetos animais, é possível antever que a recuperação e o uso direto do biogás poderão ser bastante incrementados no futuro. (LOBATO, 2010). O reaproveitamento do Biogás para geração de energia elétrica viabiliza a relação entre a melhoria da qualidade de vida e o desenvolvimento

econômico, pois evita a emissão de poluentes para a atmosfera e promove o uso sustentável e eficiente da energia elétrica. Na busca pelo desenvolvimento de um sistema de tratamento auto-sustentável é de fundamental importância o gerenciamento integrado dos subprodutos gerados no processo, que otimizam os seus benefícios e minimizam os impactos negativos deles decorrentes (LOBATO, 2010).

Os objetivos desse trabalho foram: analisar a quantidade de biogás gerada pelo reator UASB na ETE Itabira, analisar o potencial energético do gás produzido e verificar a viabilidade da reutilização do biogás para geração de energia elétrica na estação. Portanto, a realização desse estudo configura-se como importante para a sociedade em geral, para a área acadêmica e também para o meio ambiente, pois viabiliza a relação entre o desenvolvimento e a preservação do meio ambiente com a produção de energia elétrica através de reaproveitamento de Biogás.

METODOLOGIA

A metodologia dessa pesquisa foi baseada no estudo comparativo entre a opinião de profissionais da área e os dados coletados na área de estudo. Foram realizadas 3 (três) entrevistas semi-estruturadas com profissionais que atuam no ambiente de estudo (ETE Laboreaux): Técnico de meio ambiente, Técnico químico e Engenheiro Civil e uma análise dos documentos referentes ao potencial energético da ETE Itabira: Planilha de geração de biogás no reator UASB no ano 2010, Planilha de afluente coletado na ETE Itabira no ano 2010, balanço hídrico da cidade de Itabira no ano 2010, planilha de temperatura média da cidade de Itabira no ano 2010 e planilha de custos energéticos da ETE Laboreaux no ano 2010. A unidade de observação foi o reator UASB da ETE Laboreaux.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Quantidade de biogás gerada pelo reator UASB na ETE Laboreaux

Através da análise dos dados levantados na ETE Laboreaux e das entrevistas realizadas, foi possível inferir que a geração de biogás sofre influência direta da precipitação e temperatura. Isso ocorre devido à existência de redes pluviais e ligações clandestinas no sistema de coleta de esgotos da bacia. A presença de redes pluviais e ligações clandestinas no sistema de coleta de efluentes permite a inserção de materiais particulados nos reatores anaeróbicos prejudicando a atividade bacteriana em seu interior. Além de diluir a matéria orgânica presente nos efluentes coletados pela estação. Os gráficos a seguir mostram os dados obtidos durante o ano de 2010.

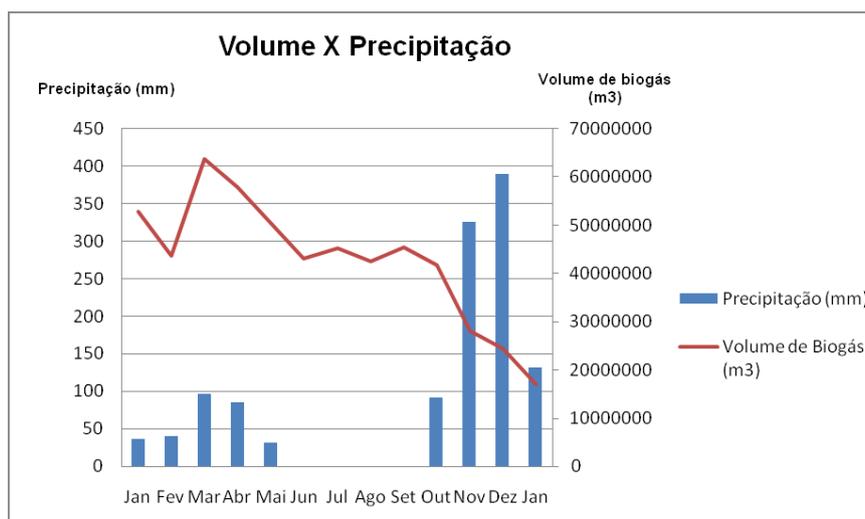


Gráfico 1 – Relação entre o volume de biogás produzido e a precipitação média no ano de 2010. Dados fornecidos pela empresa e compilados pelo autor.

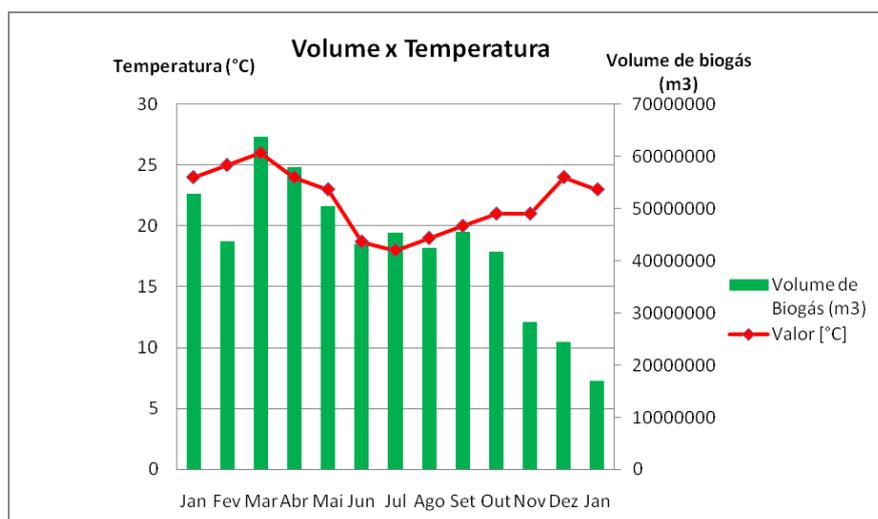


Gráfico 2 – Relação entre o volume de biogás produzido e a temperatura média no ano de 2010. Dados fornecidos pela empresa e compilados pelo autor.

Através dos gráficos, foi possível verificar que a precipitação e a temperatura afetam diretamente a produção de biogás na ETE, entretanto o fator de precipitação se mostrou mais influente do que o fator de temperatura. Visto que nos meses mais chuvosos houve redução mais perceptível no volume de gás gerado do que nos períodos com baixa temperatura. Outro fator observado que pode influenciar na produção de biogás nos reatores UASB é a competição entre os grupos de bactérias, reductoras de sulfato e metanogênicas, visto que essas espécies podem utilizar o acetato como fonte de carbono e energia para o seu crescimento. O aumento desta competição torna-se mais crítico quando a relação DQO: SO_4^{2-} é pequena (< 10), pois prejudica a degradação da matéria orgânica, e, conseqüentemente, dificulta as atividades do reator anaeróbio. (LORA; SALOMON, 2007). Apesar dos dados de registros pluviométricos e de temperatura terem comprovado a influência dessas intempéries na formação do gás, constatou-se que a vazão de biogás média produzida pela ETE de Itabira foi de $425 \text{ m}^3/\text{dia}$ (no ano de 2010), um volume significativo para ser utilizado para produzir energia elétrica.

Potencial energético do biogás produzido

De acordo com dados coletados obteve-se a composição química do biogás produzido na ETE Itabira, esses dados revelam que o gás possui um potencial energético considerável (acima de 78% de CH_4). De acordo com Azevedo, *et. al* (2004), o metano possui um elevado poder calorífero ($5500 \text{ kcal}/\text{m}^3\text{biogás}$), sendo este o principal responsável pela capacidade energética do biogás. O entrevistado 3 relata esse potencial energético: “Considerando a porcentagem média de metano no biogás de 75%, o potencial energético médio dessa estação é cerca de 13.000 MJ.d^{-1} ”. Durante a coleta de dados, dois entrevistados citaram ainda a presença do ácido sulfídrico como um dos principais empecilhos para a implantação do sistema de geração de energia elétrica, visto que em concentrações elevadas pode provocar corrosões em equipamentos e em tubulações e ainda, aumentar a toxicidade do reator. A Tab. 1 apresenta o volume médio e o teor do H_2S no biogás gerado na ETE Laboreaux durante os períodos de seca e chuva. Através da compilação dos dados, pôde-se inferir que volume de H_2S foi inferior a $10^{-6} \text{ m}^3/\text{dia}$ em dois meses e em outros dois meses apresentou-se superior. Para CASSINI *et.al* (2000) valores encontrados inferiores a $10^{-6} \text{ m}^3/\text{dia}$ são considerados insignificantes. Geralmente em águas residuárias a presença de materiais tóxicos é baixa, pois são afluentes residenciais e comerciais. Neste caso o gás sulfídrico não atinge concentrações suficientemente para causar problemas de toxicidade. As informações fornecidas pelos relatórios de monitoramento do biogás e as entrevistas confirmaram que o volume de gás sulfídrico produzido não seria suficiente para provocar uma corrosão em equipamentos ou intoxicação na maioria dos meses de funcionamento do sistema.

TABELA 1 – Presença de sulfeto no biogás gerado na ETE Laboreaux. Fonte: Dados fornecidos pela empresa e compilados pelo autor.

MESES	JULHO	AGOSTO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
TEOR DE H ₂ S (PPM)	1210,55	188,66	515,27	856,68
VOLUME DE H ₂ S (M ³)	1,84E-06	2,87E-07	7,84E-07	1,30E-06
VOLUME DE BIOGÁS (M ³)	1411200	1442880	1045440	8,51E+05
PORCENTAGEM DE H ₂ S NO BIOGÁS (%)	1,32E-10	2,22E-11	8,40E-11	1,90E-10

Viabilidade da reutilização do gás produzido para a geração de energia elétrica

O gás gerado na ETE possui o poder calorífico baixo se comparado a outros gases comumente usados para geração de energia elétrica como o gás natural (GNV). Segundo Carvalho (2006), para compensar essa perda o volume consumido desse combustível gasoso teria que ser duas vezes maior do que seria gasto se fosse usado o gás natural. Entretanto, o uso dos gases produzidos por reatores anaeróbios mostra-se viável devido ao baixo custo com a matéria prima, a redução da emissão de metano para a atmosfera. Uma alternativa interessante em sistemas anaeróbios de tratamento de esgoto doméstico é a adoção de uma tecnologia (microturbinas, motores de combustão interna, turbinas) para conversão do biogás em eletricidade. O entrevistado 3 ressaltou a utilização do motor de combustão interna como tecnologia de conversão mais barata e viável para o modelo de estação de tratamento de efluentes adotado em Itabira. De forma complementar, a tabela a seguir mostra uma comparação entre o desempenho do GNV e o Biogás gerado na ETE Laboreaux quando usados em motores de combustão interna.

TABELA 2 - Simulação do rendimento do GNV e o Biogás para utilização em motores Otto. Fonte: Dados fornecidos pela empresa e compilados pelo autor. Fonte 2: Gasnet (2010).

Características do motor ciclo Otto	GNV ⁽²⁾		BIOGÁS ⁽¹⁾	
	1000	3000	1000	3000
Capacidade (KW)	1200	900	1200	900
Rotação do eixo (rpm)	35,72	36,19	34,93	36,15
Rendimento (%)	269,34	779,88	409,01	1185,42
Consumo de gás (m ³ /h)	358,22	1037,24	0	0
Custo mat. prima (R\$/m ³ /h)				

De acordo com os dados apresentados na Tab.2, verificou-se o rendimento do GNV é bem próximo do biogás apesar do consumo para o GNV ser menor, mas ainda sim, o baixo custo com matéria prima viabiliza o seu uso, por ser uma energia renovável. Cabe ressaltar que são necessários equipamentos adicionais para adaptação do gás aos sistemas de conversão, como: compressor de ar (para elevar a pressão do gás) e o gasômetro (reservatório de biogás para homogeneizar o gás e controlar a vazão de saída para o grupo gerador de energia). Com esse sistema pode-se obter 3120 KW/d, o que atende com sobra ao consumo energético da ETE Laboreaux. Lobato (2010) resalta que esse valor atenderia a demanda necessária para o funcionamento das elevatórias de esgotos da ETE Laboreaux, visto que a estação exige uma demanda de 1000 KW/d. Entretanto o fator que prejudica a implantação desse sistema é o elevado investimento em equipamentos para conversão. A Tab. 3 apresenta os custos de implantação e operação de um sistema de conversão de biogás para geração de energia elétrica usando motores de combustão interna.

Verificou-se pela Tab.3 que o investimento para o sistema é bastante elevado, visto que necessita de equipamentos modernos e mão de obra qualificada para monitoramento do sistema. Contudo o retorno financeiro deste investimento será breve, em média 1 ano, visto que não haverá gastos com matrizes energéticas e matéria-prima.

A manutenção dos motores é considerada barata e disponível no mercado. Considerando os dados levantados, a adoção de um sistema de conversão de energia elétrica pode ser considerada como viável, pois atende a demanda energética da própria ETE Laboreaux e possui uma vazão de biogás aceitável até em épocas de baixa produtividade, dependendo apenas dos recursos financeiros disponíveis pela empresa para o investimento.

TABELA 3- Custos do Sistema (motor Ciclo Otto). Fonte: ETE Laboreaux e compilados pelo autor (2010-2011)

ASPECTOS	VALORES
Custos com energia elétrica	7,37 R\$/Kwh
Produção de biogás	10855 m ³ /mês
Economia	80034 R\$/mês
Investimento para sistema	R\$527.520,00
Operação e Manutenção	170,42 R\$/mês
Retorno financeiro	1 Ano

Os dados apresentados pela tab. 3 foram analisados e estipulados para o cenário econômico do ano de 2010, ao atualizarmos esses dados para o ano de 2013 pode-se perceber várias alterações como: o aumento do investimento para implantação do sistema, aumento dos custos de operação e manutenção. Contudo o retorno financeiro para a empresa manteve-se estável devido à defasagem no volume de esgoto coletado pela ETE Laboreaux no primeiro trimestre de 2012 (que influenciou diretamente na produção de biogás nesse período). A tab. 4 apresenta os dados atualizados.

TABELA 4- Custos do Sistema (motor Ciclo Otto). Fonte: ETE Laboreaux e compilados pelo autor (2012-2013)

ASPECTOS	VALORES
Custos com energia elétrica	7,37 R\$/Kwh
Produção de biogás	11228 m ³ /mês
Economia	82753 R\$/mês
Investimento para sistema	\$658.560,00
Operação e Manutenção	330,72 R\$/mês
Retorno financeiro	1 Ano

Apesar dos problemas apresentados na coleta do esgoto bruto, a implantação do sistema de conversão do biogás produzido pela estação em energia elétrica continua sendo uma opção viável economicamente. A energia produzida através do sistema poderá ser usada para a alimentação das estações elevatórias e as outras dependências da ETE e a sobra energética pode ser vendida a concessionária de energia elétrica local.

CONCLUSÕES

O reaproveitamento de biogás para geração de energia elétrica tem sido uma tecnologia bastante estudada e aplicada no meio experimental, entretanto ainda não se tem projetos em grande de escala. Isso acontece devido à falta de investimentos nesse setor, elevado custo de implantação e escassez de mão-de-obra qualificada. Diante dessa situação, o presente trabalho investigou a viabilidade econômica e ambiental da reutilização de biogás gerado em reatores UASB para a geração de energia elétrica com a finalidade de caracterizar os pontos favoráveis e desfavoráveis para implantação de um sistema de conversão de energia elétrica em uma estação de tratamento de esgotos (ETE) em Itabira-MG. Esse trabalho proporcionou ao meio acadêmico, ao meio ambiente e a sociedade em geral soluções para os efluentes gasosos gerados em estações de tratamento de esgotos que podem causar a proliferação de doenças e a redução da qualidade do ar. A divulgação deste trabalho pode contribuir de forma indireta para a melhoria da qualidade de vida da população e desenvolvimento socioeconômico para os municípios com a viabilização de incentivos financeiros e fiscais oferecidos pelo governo para a implantação destas soluções.

A estação de tratamento de esgotos de Itabira (ETE Laboreaux) foi escolhida para a realização da coleta de dados documentais e entrevistas, visto que o trabalho exigia que as informações coletadas estivessem

diretamente ligadas com a ETE Itabira. Para a realização desse trabalho foram realizados levantamentos de dados referentes ao controle de biogás gerado, relatório de índices pluviométricos e de temperatura da cidade, custos estimados com energia elétrica na ETE Laboreaux, além de entrevistas com profissionais ligados a ETE. Através da análise do volume de biogás, percebeu-se que essa geração é influenciada diretamente pela precipitação e temperatura ocorrida na região. Contudo, apesar destes fatores, o volume é produzido é significativo (média 425m³/d) para ser reaproveitado como energia elétrica.

Com relação ao potencial energético do biogás, entendeu-se que o gás gerado pela ETE Laboreaux possui um potencial energético considerável (7,0KWh/m³) se comparado com os valores encontrados normalmente em outras estações de tratamento de esgotos. Além disso, a presença de gás sulfídrico é pouco significativa (10⁻⁶ m³) e não proporciona riscos à saúde humana e a equipamentos feitos de concreto e metal. Com base nos resultados da análise da viabilidade, pode-se dizer que a adoção de um sistema de conversão de energia elétrica seria viável se fosse adotado o motor de combustão interna como grupo de conversão de energia, visto que outras tecnologias seriam inviáveis economicamente para o porte atual da ETE Itabira. Além disso, seria necessário investir em compressores de ar e gasômetros, pois a vazão de biogás não é constante. Então o armazenamento torna-se um ponto crítico para o funcionamento eficaz do sistema, visto que a instabilidade da vazão poderia comprometer as atividades dos equipamentos.

Com base na análise de dados coletados, inferiu-se que o biogás gerado pode ser reutilizado para a geração de energia elétrica, entretanto poucas tecnologias de conversão atendem ao modelo de estação de tratamento de esgoto atual, sendo o motor ciclo Otto o mais indicado para essa finalidade. Além disso, deve-se considerar o armazenamento do biogás como fator crítico para o funcionamento do sistema, pois a vazão de biogás é inconstante e o sistema exige uma vazão controlada. Sugere-se para trabalhos futuros o estudo de tecnologias de purificação de biogás mais viáveis e aplicáveis à realidade das ETEs do país, análise das tecnologias usadas atualmente para conversão de biogás em energia elétrica, estudo da influência da sazonalidade na geração de biogás em reatores UASB.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRADE, Maria Margarida de. Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação. 7. ed., 2. Reimpressão. São Paulo: Atlas, 2006.
2. AZEVEDO, Maurício et al. Coogeração de energia utilizando o biogás do esgoto sanitário. Medianeira: CEFET-PR, 2004.
3. CARVALHO, Hilário Mendes de. Desenvolvimento de um modelo matemático para avaliação de uma turbina a gás de um eixo. Dissertação de mestrado. Itajubá: UNIFEI, 2006.
4. CASSINI, Sérgio Túlio (Coordenador) et al. Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás. Rio de Janeiro: ABES, Rima, 2003. 210p.
5. CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. Reatores Anaeróbios. Belo Horizonte: UFMG/DESA, 2007.
6. COELHO, Suani Teixeira et al. Geração de energia elétrica a partir do biogás proveniente do tratamento de esgoto. São Paulo: USP. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v23n4/2650.pdf>. Acesso em: 01 de novembro de 2010.
7. MELLO JÚNIOR, Antônio Gonçalves de; FAGÁ, Murilo Tadeu Werneck. O uso de motores de combustão interna a gás natural em substituição aos motores elétricos nas instalações de centrais de bombeamento de água. Salvador: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2008.
8. LOBATO, Lívia Cristina Silva. Higienização e desintegração térmica de lodo anaeróbio excedente a partir da queima do biogás produzido em reatores UASB. Tese (Doutorado). Belo Horizonte: UFMG, 2010.
9. LORA, Electro Eduardo Silva, SALOMON, Karina Ribeiro. Análise comparativa da utilização da biomassa com tecnologias convencionais de geração aplicando a eficiência ecológica. Itajubá: UNIFEI/NEST, 2007.
10. QUADROS, Danilo Gusmão. et al. Biodigestão Anaeróbia de Dejetos da Caprino-Ovinocultura para a produção de biogás. Jaguari: UNEB, 2007.
11. SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE ITABIRA (SAAE/IRA). Sistema de esgotos sanitários: estação de tratamento – Manual de Processos. 2006.
12. SOUZA, Juliano de. Desempenho de um motor de combustão interna – ciclo Otto – operando com biogás e gás natural. Cascavel: UNIOESTE/CCET, 2004.