



## **APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO BIOGÁS EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO: ESTUDO DE CASO NA ETE SAPUCAÍ**

Laura Dardot Campello

### **RESUMO**

Este estudo tem como objetivo estimar o potencial de geração de energia elétrica a partir do biogás gerado na ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) Sapucaí, em Itajubá, MG. Serão realizadas estimativas de geração do biogás, da energia disponível, bem como a análise da viabilidade econômica de implantação do sistema de aproveitamento energético na ETE.

### **Palavras-chave:**

### **ABSTRACT**

This paper aims to estimate the electricity generation potential from biogas generated in the STP (Sewage Treatment Plant) Sapucaí in Itajubá, MG. Estimates of biogas generation and the available energy will be made, as well as the analysis of the economic viability of implementing the energy recovery system in the STP.

### **1. INTRODUÇÃO**

O biogás é uma mistura gasosa gerada pela degradação anaeróbia, ou seja, sem a presença de ar, da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos, efluentes domésticos, comerciais, industriais ou rurais. Essa mistura gasosa é composta, principalmente, por metano e dióxido de carbono (Von Sperling, 2005).

Segundo Nuvolari (2001), o biogás gerado em uma ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) tem em média, 60% de metano e 40% de dióxido de carbono, chegando a até 80% de metano em alguns casos. Quanto maior a fração de metano, mais energia por unidade de massa está contida no biogás.

Além desses dois gases, o biogás contém dezenas de outras substâncias, dentre as quais se destacam o gás sulfídrico, que provoca mau cheiro na vizinhança, na proporção entre 0,1 e 2%, traços de siloxinas, que assim como o gás sulfídrico, reduzem a vida útil dos equipamentos de uso energético; e o vapor d'água (Chernicharo, 2007). Portanto, é

importante a utilização de sistemas de purificação do biogás antes da sua queima para geração de energia elétrica.

A figura 1 (Santos et al. 2014) ilustra um sistema para aproveitamento energético de biogás em ETEs. O sistema é composto por um reator anaeróbico que trata o esgoto, um gasômetro onde biogás é armazenado, um queimador, uma unidade de purificação do biogás, um compressor e um gerador elétrico.

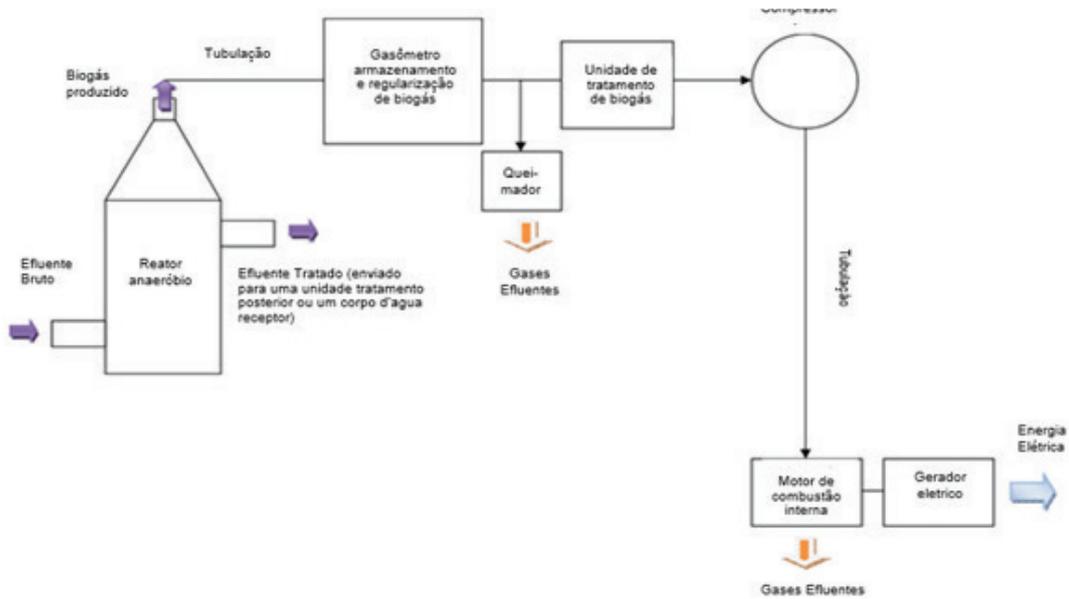


Figura 1 - Esquema de aproveitamento energético de biogás em ETEs.

De acordo com a COPASA, a ETE Sapucaí tem uma capacidade de tratamento de 15 milhões de litros de esgoto por dia, através de reatores anaeróbios de fluxo ascendente. Atualmente todo o gás gerado pelo processo de tratamento é captado queimado para evitar a emissão de metano para atmosfera, que de acordo com o IPCC (1997), é 21 vezes mais poluente que o gás carbônico. No entanto, este processo é feito sem aproveitamento energético.

Tendo em vista o potencial energético do metano e crise de energia a qual o Brasil se encaminha, a geração de eletricidade a partir do biogás se torna cada vez mais necessária e atrativa, principalmente em ETEs, onde sua geração é elevada e praticamente constante ao longo do tempo.

O objetivo deste estudo é calcular o potencial e a viabilidade econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás gerado na ETE Sapucaí, em Itajubá, MG.

Para análises, será utilizado o software "Biogás, geração e uso energético", módulo "Efluente e Resíduo Rural", que calcula uma estimativa de geração, recuperação e uso energético de biogás, e faz par-

te dos produtos desenvolvidos no âmbito de dois Convênios firmados entre o Governo do Estado de São Paulo, por meio da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB, e do Governo Federal, por meio do Ministério da Ciência e Tecnologia. O programa considera os processos de degradação que ocorrem em estações de tratamento anaeróbio de efluentes.

## 2.METODOLOGIA

Primeiramente foi levantada a vazão média de gás na ETE Sapucaí. Conforme informações da COPASA, esta vazão é cerca de 20m<sup>3</sup>/h, o equivalente a 14.400 m<sup>3</sup>/mês.

Para converter a vazão de metano (Qi) em potência disponível (Pi) é utilizada a equação a seguir:

$$P_i = \frac{Q_i P_{c(\text{metano})}}{2.592.000} \frac{k}{1000}$$

Onde:

Pi: Potência disponível[kW] ou [kJ/s]

Qi: Vazão de metano a cada mês [m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/mês]

Pc(metano): Poder calorífico do metano = 35,53.106 [J/ m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>]

2.592.000: Segundos no mês [s/mês]

k:k = 1.000 [adimensional]

A disponibilidade de gás na ETE implica disponibilidade de energia e a sua vazão define a potência do equipamento a ser instalado.

A estimativa da energia disponível ( $E_{\text{disponível}}$ ) é feita a partir da seguinte equação:

$$E_{\text{disponível}} = P_x \cdot \frac{1}{365.24}$$

Onde:

$E_{\text{disponível}}$ : Energia disponível [m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>] ou [kWh]

Px: Potência disponível [m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/h] ou [kW]

365: dias por ano [dia/ano]

24: horas por dia [h/dia]

Através da escolha da tecnologia de uso energético teremos a eficiência de conversão, e conseqüentemente, a energia elétrica

útil gerada no processo.

A análise da viabilidade econômica do empreendimento será feita através do cálculo do VPL (Valor Presente Líquido) e TIR (Taxa Interna de Retorno).

O VPL é a diferença entre o valor investido e o valor resgatado ao fim do investimento, trazidos ao valor presente. Se VPL for positivo, então o valor investido será recuperado e haverá um ganho. Se VPL for zero, significa que aplicar não fará diferença. Agora se VPL for negativo significa que o investidor estará resgatando um valor menor que o valor investido, então não se deve aplicar neste investimento.

O VPL é dado pela equação (Casarotto Filho et al, 1994):

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FCt}{(1+i)^t} - I$$

Onde:

FC: Fluxo de Caixa

i: taxa de juros

A TIR é a taxa que relaciona o valor investido com o valor resgatado ao fim do investimento. Ou seja, a taxa necessária para que o VPL seja igual a zero, conforme expressão a seguir (Casarotto Filho et al, 1994):

$$TIR = i^* \rightarrow VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FCt}{(1+i^*)^t} = 0$$

Portanto, se  $TIR > i$ , o investimento deve ser aceito, se  $TIR < i$  investimento deve ser recusado.

### 3.RESULTADOS

Os cálculos foram realizados através do software “Biogás, geração e uso energético”, módulo “Efluente e Resíduo Rural”, da CETESB. O programa considera os processos de degradação que ocorrem em estações de tratamento anaeróbio de efluentes.

Considerando a vazão média de gás na ETE Sapucaí igual a 14.400 m<sup>3</sup>/mês e a taxa de queima de metano igual a 90%, tem-se uma potência disponível de 197kW.

Considerando 95% de eficiência na queima do biogás e 33% de eficiência na conversão energética temos uma potência útil de 62 kW e uma energia disponível de 40.260 kWh/mês.

O programa gera uma planilha de custos do investimento para implantação do sistema de aproveitamento energético na ETE, com

base em preços médios de mercado.

Considerando um sistema composto por um gerador Otto nacional de 61kW, um queimador, um gasômetro de 3.000m<sup>3</sup>, um compressor de baixa compressão e tratamentos de purificação (H<sub>2</sub>O filtro coalescente, H<sub>2</sub>S/Siloxina e CO<sub>2</sub>), temos um custo total de implantação de cerca de R\$ 387.800,00. A tabela 1 a seguir mostra os resultados retornados pelo programa:

Tabela 1 – Matriz de Consumo Final de Energia, por setor (% e tep) \*Exclusivo Brasil e países da OECD.

<b>Geração de energia elétrica de 2014 a 2034 – Período 20 anos</b>	
Purificação – H <sub>2</sub> S/Siloxina (R\$)	32.814,00
Purificação – H <sub>2</sub> O/Resfriamento (R\$)	32.814,00
Purificação – CO <sub>2</sub> (R\$)	32.814,00
Custo de compressão (R\$)	9.365,00
Gasoduto (R\$)	270.000,00
Queimador (R\$)	10.000,00
Custo do equipamento para geração de energia elétrica (R\$)	61,00
Investimento para geração de energia elétrica (R\$)	387.867,00
Custo da eletricidade (R\$/MWh)	36,29

Além dos dados de investimento, o programa também calcula a quantidade de emissões de carbono evitada e possível receita com a venda de créditos de carbono no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, conforme tabela 2:

Tabela 2 – Resumo da análise de geração de créditos de carbono

<b>Crédito de carbono de 2014 a 2034 – Período de 20 anos</b>	
Total de CH <sub>4</sub> (t)	1.980,00
Total de CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> )	2.954.880,00
Total de tCO <sub>2</sub> eq (t)	41.575,00
Potência útil (kW)	61
Crédito de carbono pela queima (R\$)*	415.752,00
Crédito de carbono pela eletricidade (R\$)*	77.140,21

\*Preço do crédito de carbono (R\$/tCO<sub>2</sub>): 10,00

Considerando a energia produzida ao longo de um ano e a taxa de juros de 12% ao ano, temos um VPL positivo para uma tarifa de venda de energia a partir de R\$ 0,15/kWh e a TIR igual 12,2%, conforme tabela 3. Estes valores estão bem próximos aos valores de mercado praticados.

Tabela 3 – Resumo da análise econômica

<b>Resumo da análise econômica</b>	
Potência instalada (kW)	61
Energia gerada no ano (GWh/ano)	0,48312
Investimento Inicial (R\$)	390.000,00
Tarifa para venda de energia (R\$/kWh)	0,15
Taxa de juros	0,12
VPL	R\$ 5.641,49
TIR	12,2%

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados apresentados pelo software “Biogás, geração e uso energético”, demonstram que a ETE Sapucaí possui um potencial de geração de 483.120kWh ao ano, o que equivale a energia consumida por 400 famílias durante um ano.

A análise de viabilidade demonstrou que, considerando a taxa de juros de 12% ao ano, e com a venda de energia a uma tarifa de R\$ 0,15/kWh, o investimento na implantação da usina para aproveitamento energético na ETE Sapucaí se torna atrativo.

No âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, ainda há possibilidade de aumentar as receitas com a venda de créditos de carbono provenientes das emissões evitadas de CO<sub>2</sub>. Esta receita gira em torno R\$490.000,00, ao longo de 20 anos, se o preço do crédito negociado for da ordem de R\$10,00.

Diante da crise de energia que se configura devido à baixa nos reservatórios das hidrelétricas, a geração de energia a partir do biogás na ETE também pode ser vista como uma forma de diversificar a matriz energética nacional, e garantir maior suprimento de energia, sem a utilização de termelétricas movidas a combustíveis fósseis.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASAROTTO FILHO, Nelson et KOPITTKKE, Bruno Hartmut.” Análise de Investimentos”. São Paulo: Editora Atlas S/A, 1994.

CHERNICHARO, C.A.L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. V.5. Reatores Anaeróbios. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG. 2.ed., 2007

Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Estado do Meio Ambiente Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. “Manual do Usuário do programa de computador Biogás, geração e uso energético, Efluente e Resíduo Rural”, 2006.

IPCC. INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Directrices del IPCC para los inventários nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada em 1996. Reino Unido: IPCC WGI Technical Support Unit, 1997.

NUVOLARI, A. Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2011

SANTOS, I.F.S. et al. “Electricity Generation from Biogas of Anaerobic WWTPs in Brazil: An Assessment of Feasibility and Potential”. Submetido a Renewable Energy. 09/2014a.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. V.1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4.ed. Editora UFMG, 2005.