

ANÁLISE DO POTENCIAL ENERGÉTICO DO BIOGÁS PROVENIENTE DO ATERRO SANITÁRIO DE PALMAS/TO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.

Rávila Marques de Souza¹
Juan Carlos Valdés Serra²
Joel Carlos Zukowski Junior³
Diego Robson Rocha dos Santos⁴

Resumo

Os aterros sanitários podem dispor de técnicas de captação do biogás produzido e sua posterior queima em *flare*, onde o metano é transformado em dióxido de carbono, minimizando o impacto ambiental. Além da oportunidade de reduzir os danos ambientais, o biogás pode ser utilizado como combustível na geração de energia elétrica, agregando desta maneira, ganho ambiental e redução de custos, devido à diminuição de compra da energia consumida da concessionária local. Para a conversão energética do biogás existem várias tecnologias, dentre elas a mais utilizada são os motores de combustão interna de Ciclo Otto. Neste contexto, o objetivo deste artigo foi analisar a viabilidade do uso do biogás do aterro sanitário de Palmas para geração de energia elétrica. A partir dos cálculos realizados, observou-se que o Aterro Sanitário de Palmas tem potencial de geração de biogás suficiente para alimentar um motogerador com potência nominal de 200 kW, porém, o aterro não possui estrutura adequada para captação e tratamento de metano, esta situação inviabiliza a utilização desse biogás para a produção de energia elétrica.

Palavras-chave: Aterro Sanitário, Resíduos Sólidos, Biogás.

Abstract

The sanitary landfills may count on techniques of capture of the produced biogas and its later burning in flare, where the methane is transformed in CO₂, minimizing the environmental impact. Besides the opportunity of reducing the environmental damages, biogas can also be used as fuel for generating electricity, thus adding environmental gain and reduction of costs, due to the diminishing of purchase of the energy consumed in the local concessionaire. For the energetic conversions of biogas, there are several technologies, among them are the most used one is the internal combustion engine of Otto Cycle. In this Context, the aim here was to examine the feasibility of using biogas the landfill Palmas for power generation. From the calculations made, observed that the Landfill Palmas has the potential to generate enough biogas to power a generator rated 200 kW, however, the landfill has not structure to capture and treat methane, this situation prevents the use of biogas to produce electricity.

Key words: Landfill, Solid Residues, Biogas.

INTRODUÇÃO

Dentre as várias alternativas conhecidas para disposição de resíduos sólidos, a prática de áreas para aterramento do lixo ainda é a mais comum, devido principalmente ao seu baixo

¹ Concluinte do curso de Eng. Ambiental da Universidade Federal do Tocantins, Palmas – TO. E-mail: ravilamarques@mail.uft.edu.br

² Professor do Departamento de Eng. Ambiental da Universidade Federal do Tocantins, Palmas – TO.

³ Professor do Departamento de Eng. Ambiental da Universidade Federal do Tocantins, Palmas – TO.

⁴ Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins. Analista de Meio Ambiente da SINOBRAS - Siderúrgica Norte Brasil S/A.

custo, a facilidade de execução e a grande capacidade de absorção de resíduos quando comparado às outras formas de destinação final como a incineração, a compostagem e a reciclagem. No aterramento do lixo, diversos problemas ambientais devem ser considerados, sendo um deles a emissão de gases pela decomposição do material orgânico (ENSINAS, 2003).

Os gases presentes nos aterros de resíduos incluem o metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), amônia (NH₃), hidrogênio (H₂), gás sulfídrico (H₂S), nitrogênio (N₂) e oxigênio (O₂). A simples queima do gás metano em flares ou seu aproveitamento para geração de energia contribuem significativamente para a minimização dos gases que aumentam o efeito estufa. Estes procedimentos podem gerar, ainda, créditos de carbono através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, previsto pelo Protocolo de Kyoto (BORBA, 2006).

Para a conversão energética do biogás, os motores de combustão interna possuem maior eficiência, além de serem mais baratos. Já as turbinas a gás possuem maior eficiência global de conversão, quando operadas em cogeração (calor e eletricidade), porém, por ser um equipamento importado, o seu valor e os custos de operação e manutenção são elevados. Além do custo do equipamento em si, a microturbina exige que o gás combustível apresente propriedades mais controladas que os motores convencionais (CENBIO, 2005).

Segundo Jucá (2002), no Brasil o aproveitamento energético dos gases se encontra em uma fase incipiente, com algumas prefeituras e empresas privadas solicitando licenciamento desta atividade e buscando convênios com empresas estrangeiras e universidades para estudos de viabilidade de geração de energia dos aterros sanitários.

Sendo assim, o objetivo deste artigo foi analisar a viabilidade do uso do biogás do aterro sanitário de Palmas para geração de energia elétrica. O estudo limita-se a este caso por considerar importante a avaliação de uma prática ambiental sustentável, identificando os gargalos e potencialidades.

1. FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA

A conversão biológica dos resíduos sólidos para fins energéticos vem ganhando importância a cada dia, uma vez que os resíduos urbanos passaram a ser considerado uma fonte de energia alternativa.

Segundo Lima (1995), os métodos biológicos para a produção de combustíveis a partir do lixo baseiam-se no rendimento da atividade microbiana, principalmente de bactérias anaeróbicas que, através do seu metabolismo, transformam a matéria orgânica em produtos combustíveis, como o gás metano e o hidrogênio.

A conversão energética desses gases pode ser apresentada como uma solução para o grande volume de resíduos produzidos, já que reduz o potencial tóxico de emissões de metano ao mesmo tempo em que produz energia elétrica agregando, desta forma, ganho ambiental e redução de custos, conforme Pecora *et al.* (2008).

As primeiras experiências mais significativas no Brasil sobre a utilização de resíduos como fonte energética são relatos das décadas de 1970 e 1980 dos resultados obtidos pelo Projeto Biogás realizados pelas Empresas de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER). Esse projeto foi desenvolvido principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste e consistia no apoio técnico e na transferência de tecnologia para a construção de biodigestores em pequenas propriedades agrícolas (SEBRAE, 2008, p.18).

1.1 Aproveitamento Energéticos do Biogás de Aterro

Segundo Ensinas (2003), o dimensionamento de um projeto de aproveitamento de biogás em aterros para a geração de energia elétrica deve considerar o fato da produção de biogás ser viável ao longo do tempo, buscando assim uma maximização da produção de energia e do uso do biogás.

A previsão da geração de biogás é de fundamental importância para estimar o balanço energético e econômico de instalações de recuperação de gás. Para determinação adequada do potencial de geração de gases de um aterro de resíduos sólidos existem as formulações teóricas e experimentais.

As formulações teóricas são utilizadas para descrever a produtividade do biogás em função do tempo, podendo assumir: (1) Geração constante de biogás ao longo do tempo sendo mais utilizada para avaliação global ou nacional da emissões de CH₄ – Modelo de Ordem Zero; (2) Incorporação do efeito geral da biodegradação dos resíduos – Modelo de Primeira Ordem e (3) Distinção das diversas frações existentes nos resíduos sob aspectos de biodegradabilidade (fácil, moderada ou dificilmente degradável) – Modelo de Segunda Ordem ou Multi-fase (JUCÁ *et al*, 2005 *apud* ALVES, 2008).

No caso deste trabalho, para o cálculo da geração de metano foi utilizado o método de formulação teórica denominado “Método de Decaimento de Primeira Ordem”, apresentado pela US EPA (1991) , no qual é considerado o fato do gás metano ser emitido por longos períodos de tempo, considerando assim vários fatores que influenciam a taxa de geração do mesmo. Segundo Ensinas (2003), esse método pode ser usado para estimativas de casos individuais ou para regiões e países inteiros.

O Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO) tem desenvolvido estudos e experimentos para o aproveitamento do biogás proveniente de aterros para geração de energia elétrica. O projeto financiado pelo (MME) Ministério de Minas e Energia, desenvolvido pelo CENBIO: “Aproveitamento do Biogás Proveniente do Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos para Geração de Energia Elétrica e Iluminação a Gás”.

Dentre os trabalhos financiados por este projeto, está o sistemas de geração de energia elétrica e de iluminação a partir do biogás implementados no aterro da Essencis Soluções Ambientais – (CTR) Centro de Tratamento de Resíduos de Caieiras, localizado em Caieiras, São Paulo, sendo que o mesmo serviu de base para a elaboração do presente artigo.

2. METODOLOGIA

As metodologias de cálculo de geração de metano mais utilizadas são as apresentadas pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (US EPA), Banco Mundial e IPCC. São equações que têm e comum o fato de serem equações cinéticas de primeira ordem e considerar os mesmos parâmetros de entrada, listados abaixo:

- Massa de resíduos que ingressa ao aterro anualmente
- Tempo de atividade do aterro e/ou após o fechamento
- Taxa de geração de metano (k)
- Potencial de geração de metano (L₀)

Segundo Borba (2006), a capacidade potencial de geração de metano L₀ depende unicamente do tipo de resíduos presentes, e varia entre 5 e 310 m³ CH₄ / ton. resíduo. A taxa de geração de metano determina a rapidez de geração do biogás e de esgotamento do vazadouro. Optou-se por utilizar os valores de k e L₀, estabelecidos pela US EPA (1998), para pluviometria anual maior que 635 mm.

Neste contexto, a metodologia para o cálculo da emissão de metano aqui apresentada, segue a metodologia de cálculo da US EPA para sistema de disposição sem controle.

2.1 Cálculo da geração do metano

Utilizou-se a metodologia publicada pela US EPA no documento “Municipal Solid Waste Landfills” (1998), para o tipo de disposição em aterros sem controle. Desta forma, para o cálculo da geração de metano utilizou-se a seguinte Equação:

$$Q_{CH_4} = L_0 \times R \times (e^{-k.c} - e^{-k.t})$$

Eq. (1)

Em que:

- Q_{CH_4} = Metano gerado no ano t, (m³/ano);
- L_0 = Potencial de geração de metano = 100 m³/ton;
- R = Média anual de entrada de lixo no vazadouro, (ton/ano);
- k = taxa de geração de metano = 0,04;
- c = anos desde o fechamento;
- t = anos desde o início da atividade (ano).

Esta equação foi concebida inicialmente para estimar a geração de metano e não para estimar emissões, pois parte do metano em sua migração para a atmosfera é captado e degradado nas camadas mais superficiais do terreno.

De acordo com Borba (2006), dada a dificuldade em avaliar as emissões, considera-se que todo o metano gerado é emitido à atmosfera através de fissuras ou vias de evacuação praticada no terreno.

2.2 Determinação da potência e energia disponíveis

Para o cálculo da potência disponível foi utilizada a seguinte Equação:

$$P_x = (Q_x \times P_c \times \eta | 860.000)$$

Eq. (2)

Em que:

- P_x = Potência disponível a cada ano (MW);
- Q_x = Vazão de metano a cada ano (m³CH₄/ano);
- P_c = Poder calorífico de metano (J/m³CH₄);
- η = Eficiência do motor = 0,28.

O Poder Calorífico Inferior (PCI) de metano é entorno 8500 Kcal/m³, será utilizado para o cálculo da potência o PCI em joules, que é aproximadamente 35,53.10⁶ J/m³.

Para calcular a energia disponível, fez-se uso da Equação (3), descrita abaixo:

$$E = P \times Rend \times Tempo \text{ de operação}$$

Eq.(3)

Em que:

- E = energia disponível (MWh/dia);
- P = potência disponível (MW);
- $Rend$ = rendimento do motor operando a plena carga = 87% = 0,87;
- $Tempo \text{ de operação}$ = 24 (h/dia).

Como pode-se notar, em função da vazão de metano, pode-se realizar os cálculos da potência (MW) e da energia (MWh/dia) disponíveis no Aterro Sanitário de Palmas.

3. RESULTADOS

Para análise do potencial energético do biogás gerado no Aterro Sanitário de Palmas, calculou-se a vazão de metano (m^3/ano) a partir de 2008 até a previsão para 2026, por considerar os dados mais atuais da SEMASP (Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Serviços Públicos) sobre a entrada de lixo no vazadouro. A Tabela 1 apresenta a potência e a energia disponível no aterro em função da vazão de metano (m^3/ano).

Tabela 1- Potência e a energia disponível no aterro em função da vazão de metano (CH_4)

Ano	$\text{m}^3\text{CH}_4/\text{ano}$	$\text{m}^3\text{CH}_4/\text{h}$	Potência Disponível (MW)	Energia Disponível (MWh/dia)
2008	1.396.996	159, 4634	0,45	9,37
2009	1.542.244	176, 0431	0,49	10,34
2010	1.681.796	191, 9726	0,54	11,28
2011	1.815.877	207, 2776	0,58	12,18
2012	1.944.700	221, 9824	0,62	13,04
2013	2.068.472	236, 1107	0,66	13,88
2014	2.187.391	249, 685	0,70	14,68
2015	2.3016.47	262, 727	0,74	15,44
2016	2.411.423	275, 2576	0,77	16,18
2017	2.516.895	287, 2969	0,80	16,89
2018	2.618.231	298, 8642	0,84	17,57
2019	2.715.593	309, 9778	0,87	18,22
2020	2.809.138	320, 6557	0,90	18,85
2021	2.698.990	308, 0827	0,87	18,11
2022	2.593.161	296, 0026	0,83	17,39
2023	2.491.482	284, 3961	0,80	16,72
2024	2.393.790	273, 2448	0,77	16,06
2025	2.299.928	262, 5307	0,74	15,43
2026	2.209.746	252, 2367	0,71	14,83

A Figura 1 demonstra o comportamento da vazão do metano durante esses anos. A quantidade de biogás estimada em 2010 é de $1.681.796 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{ano}$, ou $191, 9726 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{h}$, calculadas segundo a metodologia descrita anteriormente. Representando uma potência e energia disponível, respectivamente, de 0,54 MW e 11,28 MWh/dia.

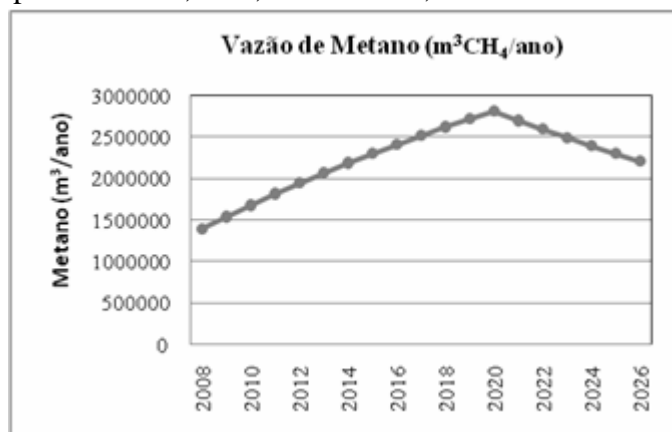


Figura 1 – Comportamento da vazão de metano.

Na Figura 1, a curva tem um comportamento crescente durante o período em que o aterro recebe lixo, o ponto máximo da Figura mostra o último ano de disposição do lixo no aterro e a partir daí a curva é regida pela taxa de geração de metano (k), referente à degradação da matéria orgânica no tempo.

Segundo a AGESP 85% da população urbana de Palmas é atendida por serviços de coleta de lixo. Cerca de 60% do lixo domiciliar é de origem orgânica, segundo Naval e Godim

(2001) o teor de sólidos voláteis detectado no resíduo é, em média 55%, o que representa alto índice de material compostável. A Figura 2 representa a energia disponível no aterro.

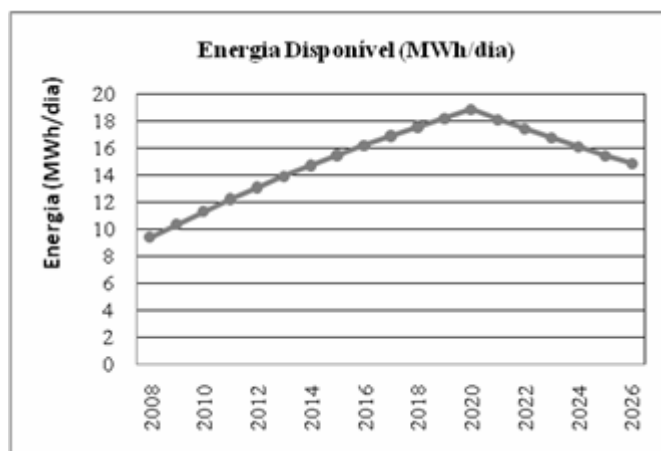


Figura 2 – Energia disponível por dia.

De acordo com Pecora (2006), a tecnologia mais utilizada para a transformação energética do biogás são os motores de combustão interna. Os motores ciclo Otto, além de apresentarem baixo custo quando comparados às turbinas e microturbinas a gás, possuem alta eficiência quando operados com biogás, além de possuir a alternativa da venda de créditos de carbono (CENBIO, 2005).

A partir dos cálculos realizados, observou-se que o Aterro Sanitário de Palmas tem potencial de geração de biogás suficiente para conversão em energia elétrica. Desta forma, para realização analisar a viabilidade de se instalar um sistema de iluminação a gás noturno no Aterro Sanitário de Palmas, tomou-se como base o já mencionado trabalho realizado pelo CENBIO no aterro Essencis - CTR Caieira em São Paulo.

Os postes de iluminação a gás, segundo o fabricante, consomem 0,40 m³/h de biogás por ponto luminoso. Se fossem instalados 6 postes, com quatro pontos luminosos cada, geraria um consumo de 9,6 m³/h de metano, levando em consideração que fosse instalado um grupo de gerador de ciclo Otto de 200kW, sendo seu consumo de biogás aproximadamente 181m³CH₄/h.

A soma de biogás a ser consumido será de 190,6 m³CH₄/h, como a porcentagem de metano no biogás é cerca de 40%, tem-se um consumo de metano de aproximadamente 76,24 m³/h vazão menor do que a prevista para os anos a partir de 2010. Considerando a potência de 200 kWh sendo gerada durante um mês inteiro ininterruptamente, visto que o biogás é gerado 24 h/dia, chegar-se ao total de aproximadamente 144 MW/mês.

CONCLUSÃO

Conforme os resultados da estimativa realizada a cima, o Aterro Sanitário de Palmas poderia gerar em 2010 cerca de 11,28 MWh/dia, podendo chegar a 18,85 MWh/dia no ano de seu encerramento, 2020.

Portanto, conclui-se que o Aterro Sanitário de Palmas possui potencial de geração de biogás que pode ser utilizado para produzir energia elétrica. No entanto observou-se também, que as condições para o aproveitamento deste potencial estão comprometidas, já que o aterro não dispõe de estrutura adequada para a captação e tratamento dos gases.

Ressalta-se que, a implantação de um sistema de geração de energia em um aterro tem um alto custo, entretanto, seria uma solução eficaz para problemas provocados pela emissão

de metano, além de gerar benefícios financeiros para a gerencia do aterro, uma vez que a energia gerada pelo sistema poderia ser consumida pelo próprio aterro e no caso de haver excedente, poderia ser vendida para concessionária local, gerando uma receita adicional para o município, colaborando, assim, para a viabilidade econômica do saneamento urbano, uma vez que apenas aterros bem gerenciados têm condições de implementar tal ação.

REFERÊNCIAS

- SEMASP. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Serviços Públicos. **Empreendimento do aterro sanitário de Palmas**. Relatório de impacto ambiental. Consultoria Juréia – gestão, planejamento e consultoria ambiental Ltda. 2002. Palmas – TO.
- BORBA, S. M. P. **Análise de Modelos de Geração de Gases em Aterros Sanitários**: Estudo de Caso (Rio de Janeiro). 2006. 134 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- CENBIO. Centro Nacional de Referência em Biomassa. **Projeto Instalação e Testes de uma Unidade de Demonstração de Geração de Energia Elétrica a partir de Biogás de Tratamento de Esgoto – ENER-G-BIOG**. Relatório Técnico Final. 2005. São Paulo.
- ENSINAS, A. V. **Estudo da geração de biogás no aterro sanitário delta em Campinas-SP**. 2003. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Campinas.
- ICLEI. Governos Locais pela Sustentabilidade. Secretariado para América Latina e Caribe. **Manual para aproveitamento do biogás: volume um, aterros sanitários**. 2009. 80 p. Escritório de projetos no Brasil, São Paulo.
- IPCC - Intergovernmental Panel On Climate Changes; IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories - Reference Manual. Bracknell, 1996.
- JUCÁ, J. F. T. **Destinação Final dos Resíduos Sólidos no Brasil**: Situação Atual e Perspectivas. In: SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 10, 2002. Braga, Portugal.
- LIMA, L. M. Q. **Lixo**: tratamento e biorremediação. 3.ed. São Paulo: Hemus Editora Ltda, 1995.
- NAVAL, L. P.; GODIM, S. M. **Caracterização Física e Físico-Química dos Resíduos Sólidos Urbanos Domésticos e Comerciais da Cidade de Palmas-TO**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, 2001. João Pessoa.
- PECORA, V.; V.; SILVIA M. S.; COELHO, S. T. **Aproveitamento do biogás proveniente dos resíduos sólidos urbanos para geração de energia elétrica**: Estudo de caso em São Paulo. In: Congresso Internacional de Bioenergia, 6, 2006, Curitiba.
- SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Uso de Resíduos e de Dejetos**: como fonte de energia renovável. 2008. 72 p. Disponível em: <<http://www.biblioteca.sebrae.com.br/>>. Acessado em: 20 jan. 2010.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). **Air Emissions From Municipal Solid Waste Landfills -Background Information For Final Standards And Guidelines** 1991. 382 p. Disponível em: <<http://www.epa.gov/ttn/atw/landfill/bidfl.pdf>>. Acessado em: 19 abr. 2010.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). **Municipal Solid Waste Landfills**. 1998. 19 p. Disponível em: <<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch02/final/c02s04.pdf>> Acesso em: 19 abr. 2010.