

Potencial para gerenciamento energético municipal a partir do biogás oriundo de aterros sanitários e da queima de resíduos sólidos urbanos**Potential for municipal energy management from biogas from landfills and the burning of urban solid waste**

DOI:10.34117/bjdv5n7-144

Recebimento dos originais: 14/06/2019

Aceitação para publicação: 16/07/2019

Sandi da Costa Gehm

Formação acadêmica mais alta: Graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI, 2016

Instituição de atuação atual: Aluna do programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), através do Curso de Mestrado, com área de concentração em Processamento de Energia e linha de pesquisa voltada a Sistemas de Energia.

Endereço completo: Rua Henrique Dias 102, apt 304, centro de Santa Maria/RS

Email: sandigehm@yahoo.com.br

Luciane Neves Canha

Formação acadêmica mais alta: Doutora em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, 2004.

Instituição de atuação atual: Professora associada do curso de Engenharia Elétrica da UFSM

Endereço completo: Avenida Roraima 1000, Camobi, Lab. CT - Prédio 10, CEESP - Sala 509.

Email: lucianecanha@ufsm.br

RESUMO

Os Resíduos Sólidos Urbanos formam um problema de poluição ao meio ambiente que pode ser minimizado a partir da transformação desses dejetos em matéria prima para transformação energética. Ou seja, é possível extrair energia elétrica a partir de todo material descartado pelas cidades. Embora o a estrutura da matriz energética brasileira defina o Brasil como líder mundial na geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, espera-se que diversificando essa matriz mantenha-se o alto índice de energia renovável. Dessa forma, a geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos apresenta-se como uma alternativa possível, com vistas ao desenvolvimento sustentável. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo efetuar um estudo comparativo a partir da geração de energia elétrica em aterros sanitários aproveitando o biogás e sua queima em usinas de incineração ou motores a combustão interna, considerando o universo de pesquisa o município de Ijuí, que possui dados disponíveis a respeito da formação de seu RSU e volume de coleta diária.

Palavras-Chave: Biogás; Geração de Energia Elétrica; Incineração; Resíduos Sólidos Urbanos.

ABSTRACT

Urban Solid Waste is a problem of pollution to the environment that can be minimized from the transformation of these wastes into raw material for energy transformation. That is, it is possible to extract electrical energy from all material discarded by the cities. Although the structure of the Brazilian energy matrix defines Brazil as the world leader in the generation of electricity from renewable sources, it is expected that diversifying this matrix will maintain the high rate of renewable energy. In this way, the generation of energy from urban solid waste presents itself as a possible alternative, with a view to sustainable development. In this context, the objective of this work is to carry out a comparative study from the generation of electric energy in landfills using biogas and its burning in incineration plants or internal combustion engines, considering the research universe the municipality of Ijuí, which has available data regarding the formation of their RSU and daily collection volume.

Keywords: Biogas; Electric Power Generation; Incineration; Urban solid waste

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2012), 58,0% dos resíduos sólidos urbanos (RSU) produzidos são encaminhados para aterros sanitários, principalmente nas grandes cidades do país. O restante é enviado a aterros controlados (24,2%) ou lixões (17,8%), presentes na maior parte das pequenas e médias cidades.

O Art. 9º, da Lei 12.305 de 2010, determina que somente poderão ser destinados à disposição final (aos aterros sanitários), os rejeitos, ou seja somente os resíduos que não podem ter um aproveitamento seja de que forma for. Para este fim existem vários processos de disposição final para esse rejeito, entre eles, podemos destacar a disposição em aterro sanitário (não podemos confundir com lixões) ou disposição final por incineração. Ambos os processos são utilizados para disposição final de resíduos, seja urbano ou industrial. Em função disso, ambos possuem prós e contras. Independente do processo utilizado é preciso ter em mente a necessidade de compromisso com as questões ambientais. Dessa forma, ambas as disposições podem trazer benefícios para o meio ambiente.

Neste contexto, para a realização do estudo comparativo entre biogás e incineração primeiro é necessário obter as informações destas duas tecnologias. O impacto desta geração em termos de operação e planejamento do sistema elétrico de distribuição é fundamental. Somente no município de Ijuí haveria um incremento significativo na energia produzida o que representaria redução da necessidade de compra a partir da CCEE (Câmara de Comercialização de Energia). Em termos técnicos Ijuí conta com 04 subestações e a escolha

entre as tecnologias pode significar a necessidade ou não da construção de uma nova subestação.

Deste modo, este artigo visa comparar o potencial de aplicação prática de geração de energia elétrica entre as tecnologias para obtenção da energia a partir do RSU, de forma a contribuir para reduzir os impactos provocados pelo acúmulo de lixo nas cidades a partir do aproveitamento do potencial energético desse insumo e discutir qual das tecnologias pode impactar de forma mais eficiente no planejamento e operação em todas as empresas do ramo de energia elétrica.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RSU

2.1.1 Biogás

O biogás é uma fonte de energia pouco valorizada encarada como um subproduto da biodigestão de resíduos orgânicos. Segundo Bley (2013), trata-se de um produto energético em si, capaz de mover e sustentar os trabalhos de nossas principais atividades de produção.

Composto pela mistura de gases, principalmente por gás metano (CH₄) e gás carbônico (CO₂). Seu potencial energético está diretamente ligado a quantidade de gás metano contido na mistura, normalmente varia de 40 a 50% dependendo da fonte geradora.

Apresenta teor calorífico de 5000 a 7000 kcal/m³, podendo chegar a 12000 kcal/m³ quando livre de gás carbônico. É altamente explosivo na proporção de 6 -15% com o ar atmosférico, da mesma forma que o gás liquefeito do petróleo.

Existem diversas tecnologias para efetuar a conversão energética do biogás. Segundo Pecora (2006) esta conversão é um processo de transformação das moléculas de biogás, por meio de uma combustão controlada, em energia mecânica, que posteriormente irá ser convertida em energia elétrica.

As tecnologias convencionais para a transformação energética do biogás são as turbinas a gás e os motores de combustão interna. A utilização de microturbinas ainda apresenta custos elevados e o seu tempo de vida útil operando com biogás ainda é baixo (CASTRO, 2006).

O motor de combustão interna é assim chamado por realizar trabalho queimando uma mistura de vapor e combustível dentro de um cilindro. Em 1876, o engenheiro alemão Nikolaus August Otto desenvolveu um motor com o conceito de quatro tempos e até hoje é conhecido

como motor de ciclo Otto. No ano de 1892, Rudolph Diesel, eliminou a necessidade de um circuito elétrico para o início da combustão. Esse motor foi então denominado de ciclo Diesel.

Pecora (2006) afirma que a diferença básica entre o ciclo Otto e o Diesel está na forma em que ocorre a combustão. No ciclo Diesel, a combustão ocorre pela compressão do combustível na câmara de combustão, enquanto que no ciclo Otto, a combustão ocorre pela explosão do combustível através de uma fagulha na câmara de combustão.

2.1.2 Incineração

Segundo Shinotsuka e Nakagama (2014), a incineração é um método de processamento de resíduos que vem sendo utilizada pela humanidade desde o início do século. Durante as últimas décadas, tem sido amplamente utilizada e com isso tecnologias cada vez mais modernas vêm sendo desenvolvidas com o intuito de melhorar o rendimento do processo, em termos de eficiência de queima e geração de energia, e reduzir as emissões de poeira e gases na atmosfera.

De acordo com Santos (2011), a incineração é um processo para tratamento térmico de resíduos que envolve a combustão em alta temperatura das substâncias orgânicas que compõem os resíduos, levando à redução de volume e de massa, entre 85% e 90% do volume original. Adicionalmente, reduz possíveis características perigosas dos resíduos, podendo ainda ser considerado um processo de reciclagem energética já que a energia contida nos resíduos é liberada na queima e pode ser reaproveitada para outros processos.

No Brasil, o processo de incineração vem sendo aplicado há tempos, sendo que o primeiro incinerador municipal foi instalado em 1896 em Manaus processar 60t por dia de lixo doméstico, tendo sido desativado somente em 1958 por problemas de manutenção. Também há registros de um equipamento similar instalado em Belém e desativado em 1978 pelos mesmos motivos (MENEZES, 2000).

Atualmente, as técnicas de incineração mais utilizadas são o Mass Burning e o Refuse-derived Fuel. Na modalidade Mass Burning, os resíduos são incinerados de forma bruta, sem qualquer pré-tratamento, excetuando a remoção de partes de grandes dimensões. Por outro lado, na modalidade Refuse-derived Fuel, os resíduos são previamente processados, de forma a remover materiais recicláveis e minimizar a heterogeneidade da massa a ser efetivamente incinerada. Por não requerer a etapa prévia de processamento, a técnica Mass Burning é a mais frequentemente utilizada.

2.1.3 Composição e Caracterização dos Resíduos Sólidos Urbanos

A composição dos resíduos sólidos domiciliares tem variado ao longo do tempo, em virtude do desenvolvimento da sociedade e de seus hábitos, como por exemplo a maior utilização de embalagens para produtos e alimentos, onde a participação dos plásticos e dos papéis revestidos com plásticos tem aumentado, substituindo vidro e latas metálicas.

É importante ter-se em conta a composição dos resíduos quando se avalia um projeto de recuperação de biogás e/ou incineração. Por exemplo, um aterro com elevado conteúdo de lixo alimentares, altamente degradáveis, tenderão a produzir biogás mais cedo, mas durante um período de tempo mais curto. Já para a incineração, quanto menos úmido for o resíduo mais poder calorífico terá, conseqüentemente gerará mais energia. A tabela 1 apresenta um resumo dos dados sobre a composição dos RSU do município de Ijuí.

Tabela 1. Composição dos RSU de Ijuí

Materia	Massa (Kg)	Fração (%)
Matéria Orgânica	702,61	64,46
Papel/Papelão	123,82	11,36
Plástico	176,14	16,16
Metais	13,41	1,23
Vidros	16,02	1,47
Outros	57,99	5,32
Total	1.090,00	100,00

Fonte: PLAMSAB 2011

A Tabela 1 apresenta a composição dos RSU do município encaminhados ao aterro sanitário para sua disposição final. A composição dos RSU do município foi determinada no campo a partir da caracterização de uma amostra representativa de RSU (Oliveira, 2011). Estes percentuais foram calculados baseados na massa de resíduos obtidas de uma amostra de 1.090 quilos, e não consideram os resíduos secos encaminhados para uma central de triagem existente no município.

3 METODOLOGIA

A área de estudo compreende a cidade de Ijuí, a qual está localizada no noroeste do estado do Rio Grande do Sul.

3.1 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BIOGÁS

A metodologia utilizada neste trabalho é a recomendada pela USEPA (1998), pois está apresenta a metodologia de cálculo para sistemas de disposição sem controle.

Para o tipo de disposição sem controle é apresentada a Eq. (1) com a qual podem ser calculadas as emissões de metano. Esta metodologia tem como base a estimativa direta das emissões de metano a partir do modelo Land-Gem.

$$Q_{CH_4} = L_0 \times R \times (e^{-kc} - e^{-kt}) \quad (1)$$

Onde:

Q_{CH_4} = Metano gerado no ano t, (m^3 /ano).

L_0 = Potencial de geração de metano por tonelada de resíduo depositado, (m^3 CH₄ / t resíduo).

R = Média anual de entrada de lixo no vazadouro, (t/ano).

k = taxa de geração de metano, (ano⁻¹).

c = anos desde o fechamento, $c=0$ para os ativos, (ano).

t = anos desde o início da atividade, (ano).

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

$$P_x = \frac{Q_x \times PCI \times \eta}{860000} \quad (2)$$

Em que:

P_x = Potência disponível a cada ano (MW);

Q_x = Vazão de metano a cada ano (m^3 CH₄/h);

PCI = Poder calorífico de metano;

η = Eficiência do motor = 0,28.

Para calcular a energia disponível, fez-se o uso da Eq.(3).

$$E = P_x \times Rend \times Tempo \text{ de operação} \quad (3)$$

Em que:

P_x = Potência disponível (MW);

E = Energia disponível (MWh/dia);

Rend= Rendimento do motor operando em plena carga = 87% = 0,87;

Tempo de operação = 24 (h/dia).

Desta forma, em função da vazão do metano, foi possível calcular a potência (MW) e a energia (MWh/dia) disponíveis se fosse implantado um aterro na cidade, para isso, considerou-se:

- PCI=8500 Kcal/m³;
- Tempo de operação dos motores de 24h/dia.

3.2 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE USINA DE INCINERAÇÃO

Para a determinação das quantidades de resíduos a serem incineradas diariamente foi considerada apenas a quantidade de RSU que é transportada até o local de disposição final dos RSU da cidade. Também foram utilizados os valores de Poder Calorífico Inferior (PCI) das frações de materiais comumente encontradas nos RSU, tal como apresentado em publicação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2008).

Já para a geração de energia elétrica, considerou-se que há perdas entre 60% e 80% no processo de incineração, dependendo de diversos fatores relacionados ao combustível utilizado, ao tipo de incinerador utilizado e à rotina operacional, influenciando na eficiência eletromecânica de uma planta incineradora. Em vista disso, foi utilizada nesse trabalho a eficiência eletromecânica de 35% geralmente encontrada para plantas de até 20 MW (tipo de combustor não especificado), onde o processo de cogeração para geração de energia elétrica simultaneamente à geração de calor é desconsiderado (BARJA, 2006).

Dessa forma, para a determinação da energia total teórica em kWh/dia, que pode ser obtida a partir dos RSU gerados na cidade de Ijuí/RS, utilizou-se a Equação 1, adaptada de Poletto (2008):

$$E_T = PCI_T \cdot K \cdot \eta_e \cdot m_{RSU}$$

Onde:

PCIT é o somatório do conteúdo energético dos RSU em base úmida em kcal/kg;

K é o fator de conversão de kcal para kWh (K = 0,001163);

η_e é a eficiência eletromecânica da planta incineradora;

m_{RSU} é a quantidade de RSU a ser incinerada diariamente em kg.

Já para a determinação da potência total teórica em MW utilizou-se a Equação 2, onde t é o tempo em horas de utilização diária da planta incineradora, o qual foi estabelecido em 24 horas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para análise do potencial energético do biogás gerado, calculou-se a vazão de metano (m^3/ano) a partir de 2016 até a previsão para 2040, por considerar os dados mais atuais do DEMASI (Departamento Municipal de Água e Saneamento de Ijuí) sobre a demanda de resíduos da cidade. A Tabela 2 apresenta a potência e a energia disponível no aterro em função da vazão de metano (m^3/ano).

Tabela 2. Potência e energia disponível em função da vazão de metano (CH_4)

Ano	$m^3CH_4/$ ano	Potência (MW)	Energia (MWh/d)
2016	5.721,17	0,659	13,775
2017	11.271,78	1,299	27,138
2018	16.657,51	1,921	40,106
2019	26.956,02	2,523	52,689
2020	31.879,22	3,675	76,754
2021	36.658,39	4,227	88,261
2022	41.298,32	4,762	99,433
2023	45.803,67	5,282	110,280
2024	50.178,94	5,786	120,814
2025	54.428,46	6,276	131,046
2026	58.556,46	6,752	140,984
2027	62.567,00	7,214	150,641
2028	66.464,02	7,664	160,023
2029	70.251,34	8,100	169,142
2030	73.932,64	8,525	178,005
2031	77.511,49	8,938	186,622
2032	80.991,35	9,339	195,001
2033	84.375,54	9,729	203,148
2034	87.667,29	10,108	211,074
2035	90.869,72	10,478	218,784
2036	93.018,63	10,837	226,287
2037	97.018,63	11,187	233,589
2038	99.970,84	11,527	240,697
2039	102.845,22	11,859	247,617

2040	105.644,43	12,182	254,357
------	------------	--------	---------

Conforme pode-se observar na Tabela 2 o crescimento da produção de biogás é exponencial. Isso se deve a alguns fatores incluindo o crescimento populacional, a expectativa de crescimento econômico e ainda uma coleta mais eficiente de resíduos.

Já a Tabela 3 apresenta a potência e a energia disponível em função da incineração dos resíduos sólidos.

Tabela 3. Potência e energia disponível em relação à incineração

Ano	Potência (MW)	Energia (MWh/d)
2016	10,547	253,143
2017	10,597	254,351
2018	10,648	255,559
2019	10,698	256,767
2020	10,748	257,974
2021	10,799	259,183
2022	10,849	260,391
2023	10,899	261,598
2024	10,950	262,806
2025	11,000	264,014
2026	11,050	265,222
2027	11,101	266,431
2028	11,151	267,638
2029	11,202	268,846
2030	11,252	270,054
2031	11,302	271,262
2032	11,353	272,470
2033	11,403	272,678
2034	11,453	273,678
2035	11,503	274,886

2036	11,554	276,094
2037	11,604	277,302
2038	11,654	278,510
2039	11,705	279,717
2040	11,755	282,134

Como pode-se notar, a energia gerada pode contribuir parcialmente com a redução da necessidade de compra de energia de empresas externas, mas principalmente da um destino mais adequado aos resíduos produzidos no município.

5 CONCLUSÕES

Para o desenvolvimento sustentável é necessário investigar novas tecnologias em fontes renováveis de geração de energia elétrica, possibilitando cada vez mais a incorporação de fontes descentralizadas e principalmente de pequena escala.

O objetivo deste trabalho busca propor uma comparação entre a geração de energia elétrica proveniente de biogás e incineração, estudando a capacidade de aproveitamento do lixo urbano do município de Ijuí no Rio Grande do Sul.

Conforme os resultados obtidos, percebe-se que, por meio da gestão eficiente dos resíduos sólidos urbanos, é possível aproveitar o potencial energético e por consequência contribuir com uma proposta de alternativa sustentável, para produção de energia elétrica.

Como pode ser notar no decorrer dos anos as duas tecnologias de recuperação se equiparam porém a tecnologia de incineração dos resíduos começa gerando energia substancial já no primeiro ano tornando-a assim a melhor opção.

Ainda são necessários estudos de viabilidade econômica, no entanto como qualquer tecnologia se esta atividade não for plenamente viável nos dias atuais ela se tornará em poucos anos. Do ponto de vista sustentável, podemos verificar que esta, é uma ótima alternativa para a redução de depósitos de resíduos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio do DEMEI, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (PROEX/CAPES) – Código de Financiamento 001, Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq PQ 1D 310761/2018-2) e à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

REFERÊNCIAS

- ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2012;
- BLEY JÚNIOR, Cícero. Biogás: A Energia Invisível, 2ª edição.
- CASTRO, R. Energias renováveis e produção descentralizada. DEEC, Área Científica de Energia, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, 2006.
- MENEZES, R. A. A., GERLACH, J. L., e MENEZES, M. A. Estágio atual da incineração no Brasil. ABLP – Associação Brasileira de Limpeza Pública VII Seminário Nacional de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública. Curitiba, 2000.
- PECORA, V., Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP. São Paulo, 2006.
- Plano Municipal de Saneamento Básico Participativo do Município de Ijuí. Volume 1, 2011.
- SHINOTSUKA, L. Y., NAKAGAWA, M. I. Avaliação do Ciclo de Vida da Incineração de um Resíduo Sólido Urbano, 2014.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA), Municipal Solid Waste Landfills, USA, Novembro 1998.