



XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
Cancún, México, 27 al 31 de octubre, 2002



APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO GÁS DE ATERRO SANITÁRIO NA PRODUÇÃO DE FRIO

Celso Luiz da Silva (*)

Professor do Depto. de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista -UNESP – Câmpus de Bauru-SP; graduado em Física, Mestrado em Ciências Térmicas e Doutorado em Engenharia Mecânica/Térmica pela Escola Politécnica - USP, Pós Doutorado em Barcelona-ES; professor do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Industrial. Pesquisador do CNPq e FAPESP.



José Adelino Braz

Mestre em Engenharia Industrial - FEB - UNESP – Câmpus de Bauru

(*): Rua Pelegrino Constanzo, 1-146, Residencial Samambaia, Bauru-SP, Brasil; Código Postal: 17046-110 , Fone: (14) 234.8943, e-mail: celsos@feb.unesp.br ; celwall@uol.com.br

RESUMO

Neste trabalho, demonstra-se que o gás a ser gerado no aterro sanitário de Rio Claro-SP, pode ser utilizado como fonte energética em um sistema de refrigeração por absorção amônia-água, com capacidade de 682 kW, com larga margem de disponibilidade de energia por um período de até dezesseis anos, considerando que a produção de gás de aterro não é constante ao longo da vida útil do aterro.

Palavras Chave: Biogás, Aterros Sanitários, Resíduos Sólidos, Refrigeração por Absorção.

INTRODUÇÃO

Uma das conseqüências da degradação bioquímica dos resíduos depositados em aterros é a formação do gás de aterro, cuja composição básica é o gás metano e o dióxido de carbono. De uma forma ou outra esse gás acaba deixando o aterro, seja de maneira controlada ou não. Uma das conseqüências indesejáveis da descarga do gás de aterro para a atmosfera é o seu efeito sobre a camada de ozônio. Além do mais, a descarga do gás de aterro para a atmosfera provoca o aparecimento de odores e riscos de explosão no aterro.

Evidentemente, um aterro sanitário não é uma construção estanque, portanto, as possibilidades de saídas descontroladas de gás são muitas elevadas. Se cuidados especiais não forem levados em consideração já na fase de projeto do aterro, as conseqüências em relação a vazamentos do gás de aterro serão inevitáveis. Portanto, um aterro que seja projetado já com perspectiva de aproveitamento do gás gerado, apresentará características mais seguras em relação a vazamentos. Assim, nos cálculos de levantamento do potencial de aproveitamento do gás gerado deverão ser levadas em consideração as possíveis perdas na captação.

Inúmeros processos industriais da atualidade necessitam de energia não só para movimentar máquinas, mas também para resfriamento e refrigeração. Indústrias de plásticos, estampagens, usinagem e outras, necessitam de sistemas de resfriamento para os moldes e cabeçotes; indústrias alimentícias necessitam de energia para refrigeração de câmaras frias e processamento de alimentos, entre outras.

Como os processos de conversão do gás de aterro em energia elétrica já foram exaustivamente estudados, neste estudo propõe-se uma solução alternativa, para o uso específico em processos industriais, através de um sistema de refrigeração por absorção água-amônia que utilize o gás de aterros como fonte térmica de energia.

OBJETIVOS

Este estudo teve como objetivo efetuar a avaliação da quantidade de resíduos sólidos urbanos produzidos no município de Rio Claro – SP, bem como, avaliar o potencial do gás de aterro gerado (volume, concentração e poder

calorífico) para fins do seu aproveitamento energético visando sua utilização em refrigeração por sistemas de absorção.

METODOLOGIA

Para se alcançar os objetivos propostos utilizaram-se dados disponíveis na literatura, bem como, dados coletados no aterro controlado de Rio Claro-SP e informações fornecidas pelo Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura Municipal de Rio Claro-SP. Os principais dados para se determinar a produção do gás de aterro, foram os seguintes:

- Quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados no município;
- Características do resíduo produzido;
- Quantidade de gás de aterro disponível para queima, como uma função da idade do aterro, do tipo de construção deste e forma de captação do gás;
- Composição média do gás de aterro gerado e seu potencial energético;
- Características de crescimento do município e da sua influência sobre o crescimento da geração de resíduos;

Com base nos dados levantados, efetuou-se estudos com o objetivo de se determinar a curva de geração de gás de aterro no decorrer da vida útil do aterro. A partir dessa curva passou-se a conhecer a produção mínima aproveitável de gás. Inicialmente efetuou-se uma estimativa do crescimento da disposição de R.S.U. no aterro, em função do crescimento populacional e o aumento do nível de vida desta população.

Com essa formulação, tornou-se possível descrever as reações químicas que ocorrem no processo, determinando-se dessa forma o volume teórico de gás de aterro produzido, em função da quantidade de resíduos depositados.

Levando-se em consideração outras características como: tempo para encher uma célula, período de tempo para a decomposição total do material orgânico rapidamente degradável, lentamente degradável, distribuição anual da quantidade de resíduo recebido pelo aterro e adotando-se um modelo triangular de produção de gás (TCHOBANOGLIOUS, 1996), determinou-se a quantidade anual de gás de aterro a ser produzida. Ainda sobre o valor calculado, foi considerado que, devido a imperfeições no sistema de captação, o volume aproveitável reduz-se até 50% a 80% do volume produzido.

Para a avaliação da quantidade e da qualidade do gás de aterro gerado, foram coletados dados referentes à operação do atual aterro controlado, contendo todas as informações necessárias à avaliação do processo. Os dados coletados referem-se ao período de operação de junho de 1994 a dezembro de 2000.

- CÁLCULOS DA COMBUSTÃO – utilização do programa Wincombu

Este programa permite realizar de forma rápida e eficiente os cálculos de combustão de uma mistura de componentes. Trata-se de um programa que realiza o balanço mássico da combustão de uma mistura de gases. Os possíveis componentes desta mistura são: H₂, CO₂, N₂, CO, CO₂, SH₂, SO₂, H₂O e qualquer hidrocarboneto até um máximo de 10.

- SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

Com a finalidade de melhor exemplificar a utilização da refrigeração por absorção, foi desenvolvido neste estudo, um dimensionamento básico de uma unidade de refrigeração água-amônia utilizada para estocagem de alimento. Tal dimensionamento compreendeu desde a determinação das dimensões da câmara de resfriamento até a determinação das principais características dos elementos do sistema de refrigeração por absorção, quais sejam, o gerador, o condensador, o evaporador e o absorvedor.

Por fim, foi determinado o consumo de gás do sistema, mostrando, com clareza, a potencialidade da utilização do gás de aterro como fonte energética em sistemas de refrigeração.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A curva representativa da produção de metano pelos resíduos lentamente degradáveis apresenta uma conformação mais suave, quando comparada a dos resíduos rapidamente degradáveis, vide Figura 1. Atinge sua cota máxima no décimo quinto ano de operação, mas a produção persiste pelos próximos quatorze anos. A relação global entre o volume acumulado de CH₄ gerado pelos resíduos rapidamente degradáveis e lentamente degradáveis, ao fim do período de vida útil do aterro é de aproximadamente 10:1, conforme pode ser obtido dividindo-se o total gerado de CH₄ pelos resíduos rapidamente degradáveis pelo total gerado de CH₄ pelos resíduos lentamente degradáveis. Em termos percentuais, ao fim da vida útil do aterro, algo em torno de 91% do metano terá sido gerado pelos resíduos rapidamente degradáveis, enquanto que 9% do metano, terá sido gerado pelos resíduos lentamente degradáveis.

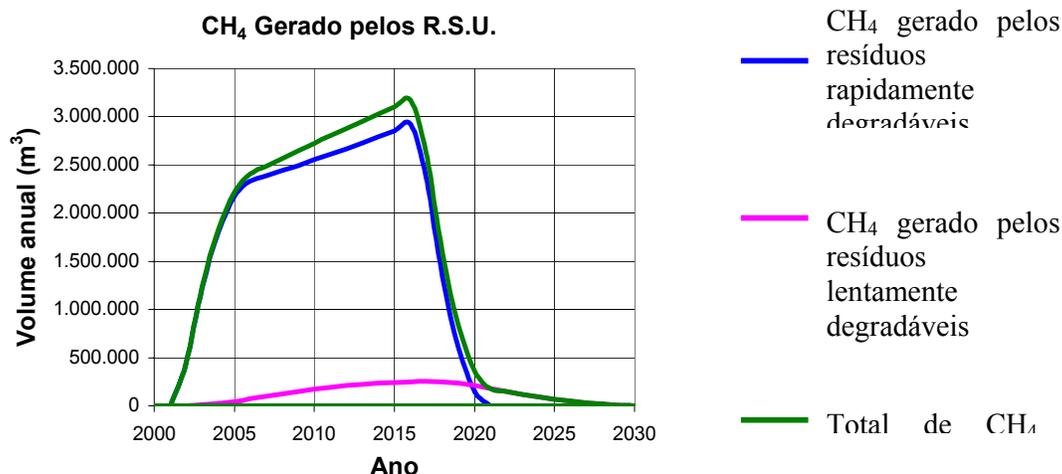


Figura 1. CH₄ gerado pelos R.S.U. do município de Rio Claro-SP

O poder calorífico inferior – PCI do CH₄, é da ordem de 35.736 kJ/Nm^3 . No gás gerado no aterro, predominam o CH₄ e o CO₂, contando ainda com a presença de outros componentes em quantidade mínima. Assim, pode-se considerar que a quase totalidade da capacidade energética desse gás provém do metano.

O pico máximo de fornecimento ocorrerá no 15º ano de operação, vide Figura 2, quando a produção de gás metano será de $3.171.684 \text{ m}^3$ no ano. Nesta etapa a média horária corresponde a $361 \text{ m}^3/\text{h}$. Em termos de energia, esse valor corresponde a 12.948 MJ/h , ou ainda $3,59 \text{ MW}$.

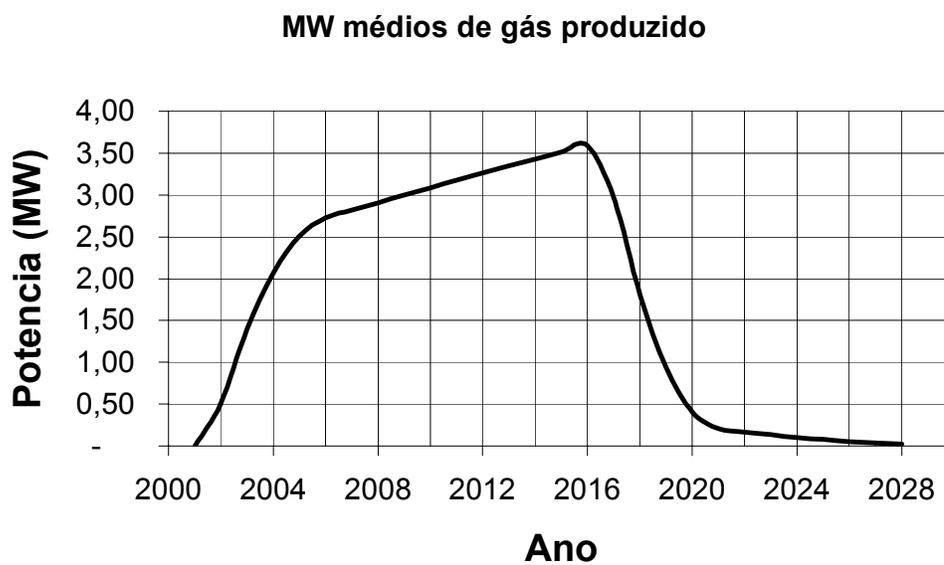


Figura 2. Energia disponível no R.S.U. do município de Rio Claro-SP

A Figura 3 ilustra a energia calorífica disponibilizada pela combustão do gás do aterro sanitário de Rio Claro durante sua vida útil, e também o consumo no queimador do sistema térmico.

CALOR DISPONÍVEL PELA QUEIMA DO GÁS DE ATERRO

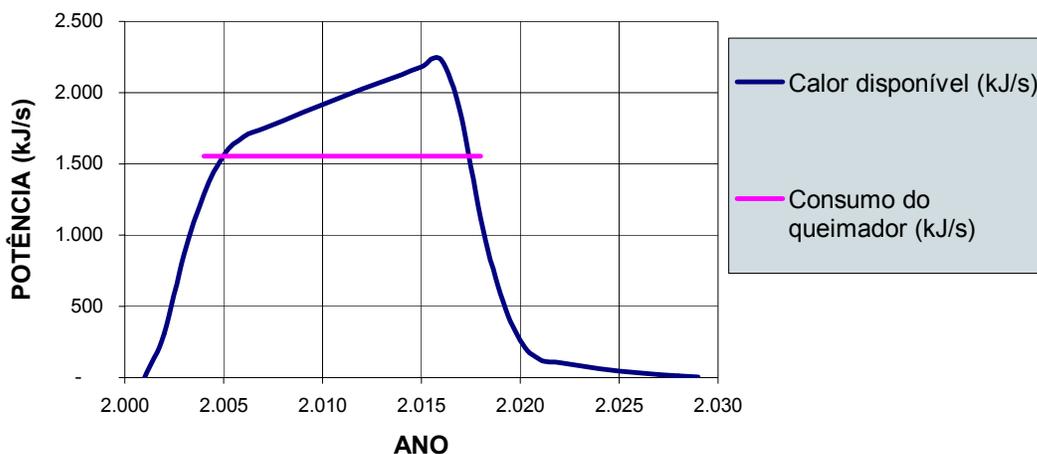


Figura 3 – Calor Disponível pela queima do gás de aterro e consumo do queimador.

CONCLUSÕES

Os resultados apresentados permitem estimar a quantidade de gás de aterro a ser produzida durante os 30 anos de operação no aterro sanitário do município de Rio Claro-SP. Nos anos iniciais e finais de operação, a quantidade de energia disponível é muito pequena, inviabilizando talvez o aproveitamento, mas tem-se uma larga faixa central, de aproximadamente 16 anos, em que a disponibilidade de energia é relativamente constante.

Dos resultados obtidos verifica-se que do ano de 2002 até o ano de 2017, a disponibilidade líquida de energia é maior que a necessidade do sistema de absorção calculado, atingindo uma relação máxima de até 3:1 em 2015, mesmo sem ter sido efetuado qualquer processo de enriquecimento do gás.

Este trabalho demonstra que a refrigeração por absorção pode, em algumas situações, substituir com vantagem os atuais sistemas de refrigeração por compressão, por se utilizar fontes de calor até então rejeitadas para a atmosfera, contribuindo assim, para a economia de energia elétrica e diminuição do potencial poluidor ao meio ambiente, uma vez que não se utiliza o CFC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERRIOS, M.R. ;O lixo domiciliar: a produção de resíduos sólidos em cidades de porte médio e a organização do espaço, o caso de Rio Claro, SP. Rio Claro, 175p. (Dissertação – Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, USP; 1986
- CANTANHEDE, A. G., “La Recuperacion de Gas en los Vertederos Controlados”, Congreso ATEGRUS, Bilbao-ES, 1979.
- GROSSMAN, G., WILK, M. Advanced modular simulation of absorption systems Int J Refrig (1994) 17 (4) 231-244
- KEIZER, C., LIEM, S. Absorption refrigeration machine driven by solar energy Delft University of Technology (1979)
- LAQUIDARA, M. J., LEUCHNER, P., WISE, D. L. “Procedure for Determining Potencial Gas Quantities in na Existing Sanitary Landfill”. PROCEEDINGS OF THE ANAEROBIC TREATMENT IN TROPICAL COUNTRIES INTERNATIONAL, São Paulo, Brasil, 1986.
- RIVAYA, A.; GUTIERREZ, J.C.; BEYEBACH, A., “De Basura a Energia”, Revista Resíduos, no. 23, ano V, 1995.
- SCHULZ, S. Equation of state for system ammonia-water for use with computer Proc XIII Int Congr Refrig Washington - 1972
- SILVA, C. L., HAMADA, J., OJIMA, M. K., “Análise Térmica de um Pós-queimador para Sistemas de Incineração de Lixo Hospitalar”, III CONGRESSO DE ENGENHARIA MECÂNICA NORTE-NORDESTE, Belém-PA – 1994.
- SILVA, C. L., “Utilização do biogás de aterros sanitários no tratamento de resíduos incineráveis”, UNESP - Baurú – 1995.
- STAFFORD, D.A., HAWKES, D.L. & HORTON, R. Methane Production From Waste Organic Matter, Florida, USA, 1978.
- TCHOBANOGLIOUS, G., THEISEN, H. & VIGIL, A.V. Integrated Solid Waste Management, McGraw Hill/Interamericana de Espana, 1996.
- WEEKS, R.C.; CARRILO, J.M., “Desarrollos Recientes para la Monitorización de Gás de aterro en Vertederos de RSU”, Revista Resíduos, no. 30, ano VI, 1996.