

POTENCIAL ENERGÉTICO A PARTIR DO BIOGÁS PROVENIENTE DE ATERROS SANITÁRIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

CELESTE OLIVEIRA DE FREITAS (FCA UNICAMP)

celesteg@gmail.com.br

Ieda Kanashiro Makiya (FCA UNICAMP)

iedakm@gmail.com



Para a definição do potencial de geração energética a partir do biogás de aterros sanitários do Estado de São Paulo, foi feito um estudo aprofundado pelo Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares de São Paulo, segundo Silva et al (2008), que traz a relação de todos os aterros sanitários do estado, sua classificação e a quantidade de resíduos que é depositada diariamente em cada um deles, depois de analisada tal relação, foi separado apenas os aterros em que a quantidade de resíduo permitia a recuperação energética e, com base nestes dados foi feito o cálculo do potencial de geração para dois cenários distintos, o cenário pessimista (C1) e o cenário otimista (C2).

Palavras-chaves: POTENCIAL ENERGÉTICO, BIOGÁS, ATERROS SANITÁRIOS

1. Introdução

Atualmente, a preocupação com a sustentabilidade é geral, e uma das maiores preocupações mundiais neste sentido é com a geração energética, segundo Yokota (2010), existem indícios de que a matriz energética mundial sofrerá grandes alterações, diminuindo o uso do petróleo e aumentando a utilização de energias renováveis.

O Brasil já possui certa vantagem neste sentido, pois contém uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo. De toda a energia consumida no país, segundo IPEA (2010), a advinda de fontes renováveis varia de 61% a 41%, sendo este último o valor mais aproximado do atual, enquanto no mundo 22,2% da energia é advinda de energias renováveis e 77,8% de não renováveis. A maior parte da energia renovável utilizada no país é produzida por hidrelétricas, o Brasil possui grande potencial hidráulico devido à quantidade e força dos rios nele existentes, depois das usinas hidrelétricas, a biomassa como fonte renovável mais utilizada.

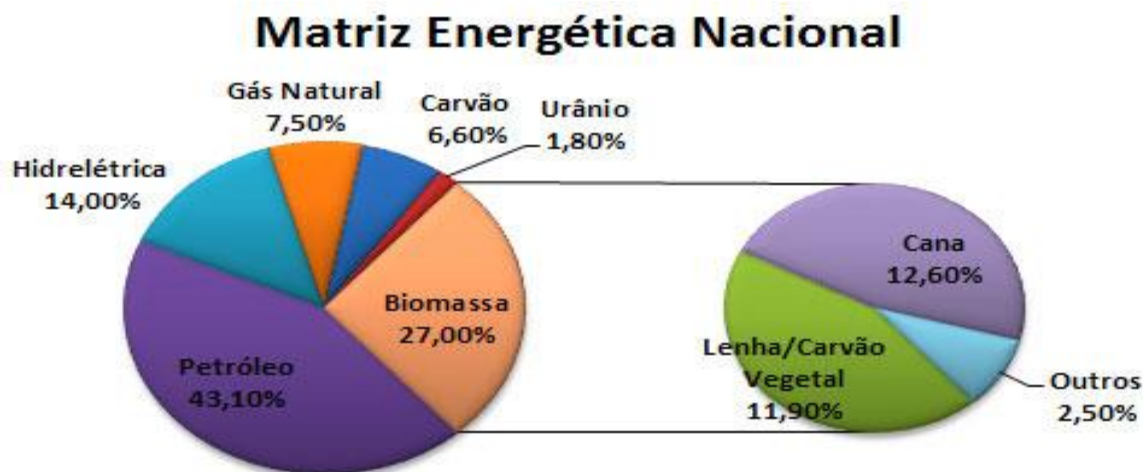


Figura 1 – Matriz energética brasileira. Fonte Biodieselbr (2006)

Apesar de tudo isso, a matriz energética nacional precisa ser alterada, pois com as mudanças climáticas que já vêm ocorrendo, segundo Economia do Clima (2010), a maior parte dos rios terá sua vazão diminuída, o que diminui drasticamente o potencial hidráulico do país.

Juntamente com esta problemática, existe a questão da gestão de resíduos, que é uma problemática atual e presente em todo o mundo e que vem sendo também amplamente discutida.

Uma gestão de resíduos eficiente acarreta em diminuição da poluição atmosférica e melhora de vida da população, reduzindo índice de doenças e necessidade de lidar com mau cheiro. O Brasil ainda possui muitos lixões a céu aberto, onde os resíduos sólidos são jogados sem nenhum tipo de tratamento, prejudicando o solo e todo o ambiente ao redor. Esse cenário precisa mudar e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é elaborada com esse objetivo, sancionada em agosto de 2010, prevê a responsabilidade compartilhada na gestão dos resíduos sólidos e proíbe a manutenção de lixões em todo o país. O Plano, segundo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2011) mantém estreita relação com os Planos Nacionais de Mudanças do Clima (PNMC), de Recursos Hídricos (PNRH), de Saneamento Básico (Plansab) e de Produção e Consumo Sustentável (PPCS). Apresenta conceitos e

propostas que refletem a interface entre diversos setores da economia compatibilizando crescimento econômico e preservação ambiental com desenvolvimento sustentável. Tem como meta obrigatória a extinção de todos os lixões a céu aberto do país, sendo eles transformados em aterros sanitários adequados.

A substituição dos lixões por aterros sanitários será um passo importante para a gestão de resíduos no país, mas a poluição atmosférica continuaria sendo um sério problema para toda a população que vive próxima a aterros e para o planeta em geral, contribuindo para o aquecimento global. Toda essa problemática pode ser resolvida se juntamente com a transformação dos lixões por aterros sanitários adequados, for implantado um sistema de captação de biogás para geração energética. O biogás emitido deixaria de ir para a atmosfera, reduzindo a poluição do ar, melhorando a qualidade de vida das comunidades que vivem próximas a aterros, evitando o agravamento do aquecimento global e emitindo reduções certificadas de emissões (RCEs), também conhecidas como créditos de carbono.

Desta maneira, torna-se importante analisar quão válida é a alternativa de produzir energia elétrica a partir de aterros sanitários, para isso deve-se considerar quanto de energia poderá ser gerada por esta fonte. O presente trabalho mostrará qual o potencial energético do estado de São Paulo ao utilizar tal fonte.

2. Objetivos

O objetivo do presente artigo é apresentar uma estimativa do potencial de geração energética a partir do biogás de aterros sanitários do estado de São Paulo, considerando potencial mínimo e máximo.

3. Metodologia

Para a definição do potencial de geração energética a partir do biogás de aterros sanitários do Estado de São Paulo, foi feito um estudo aprofundado pelo Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares de São Paulo, segundo Silva et al (2008), que traz a relação de todos os aterros sanitários do estado, sua classificação e a quantidade de resíduos que é depositada diariamente em cada um deles, depois de analisada tal relação, foi separado apenas os aterros em que a quantidade de resíduo permitia a recuperação energética e, com base nestes dados foi feito o cálculo do potencial de geração para dois cenários distintos, o cenário pessimista (C1) e o cenário otimista (C2).

4. Implantação de projetos de recuperação energética

Para que seja possível a recuperação energética do biogás de forma a ser comercializada, segundo Abreu et al (2010), o aterro sanitário deverá receber, no mínimo, 200 toneladas/dia de resíduos, ter capacidade mínima de recepção de 500.000 toneladas e altura mínima de 10 metros. Além de características favoráveis quanto umidade e composição do lixo, que serão melhor especificadas no decorrer do presente trabalho. A geração de biogás em um aterro sanitário é iniciada algumas semanas após o início do depósito dos resíduos e continua por 15 anos após seu encerramento.

Para a implantação do sistema de geração energética, segundo Pecora (2008), o aterro deve seguir as normas nacionais tendo, primeiramente, seu solo impermeabilizado com uma camada de argila e geomembrana texturizada de polietileno de alta densidade (PEAD), ainda deve ser implantado um sistema de captação e tratamento do biogás. A forma mais simples de se tratar o biogás é através da extração do mesmo por meio de tubos verticais perfurados. Podem ser colocados tubos de sucção horizontais quando o lixo ainda está sendo depositado

no aterro e assim ele poderá ser extraído desde o início de sua produção. Em aterros sanitários construídos sob a norma nacional vigente (NBR/8419 e NBR/8849) já está prevista a colocação desta tubulação para coleta de gás.

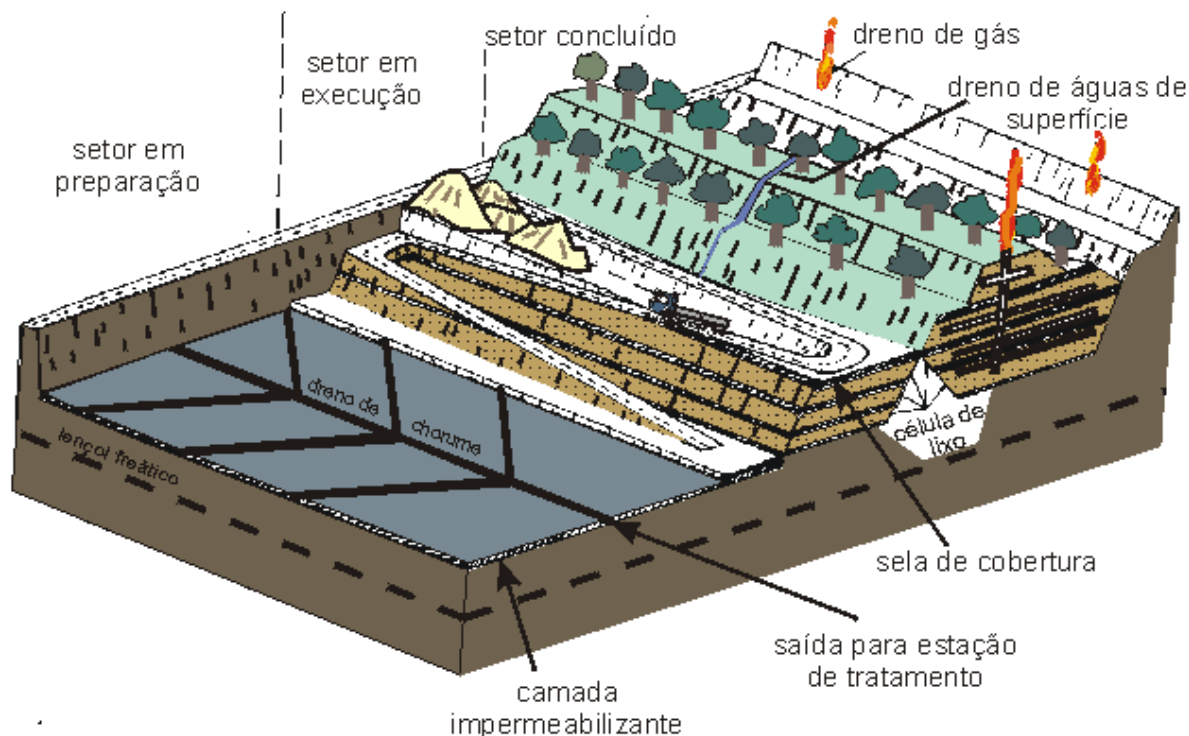


Figura 2– Aterro sanitário. Fonte: PROIN/CAPES e UNESP/IGCE (1999)

Após todo o sistema de coleta e tratamento de biogás ser implantado, segundo Figueiredo (2007), é necessário o uso de compressores para comprimir o gás antes de entrar no sistema de recuperação energética propriamente dito, tal sistema pode ser composto por turbinas a gás, microturbinas ou motores de combustão interna. As turbinas a gás podem ser classificadas, de acordo com o ciclo de operação, em ciclo fechado ou aberto, sendo o último, o mais comum. No ciclo aberto, representado pela figura 3a, o fluido de trabalho é comprimido (no compressor) elevando-se a pressão. Este processo não tem nenhum calor adicionado, visto que o compressor, em condições ideais, opera em regime adiabático, fazendo com que o trabalho de compressão aumente a temperatura do ar. Este então entra na câmara de combustão e, em contato com o combustível, reage, iniciando o processo de queima. Os gases resultantes da combustão, à elevada temperatura, expandem-se na turbina gerando energia mecânica, além de acionar o compressor. O trabalho útil produzido é calculado pela diferença entre o trabalho da turbina e o consumido pelo compressor. No ciclo fechado, representado pela figura 3.b, os gases que deixam a turbina passam por um trocador de calor onde sofrem resfriamento para entrar novamente no compressor. Esta configuração apresenta, portanto, melhor aproveitamento do calor e a possibilidade de operação em pressões elevadas.

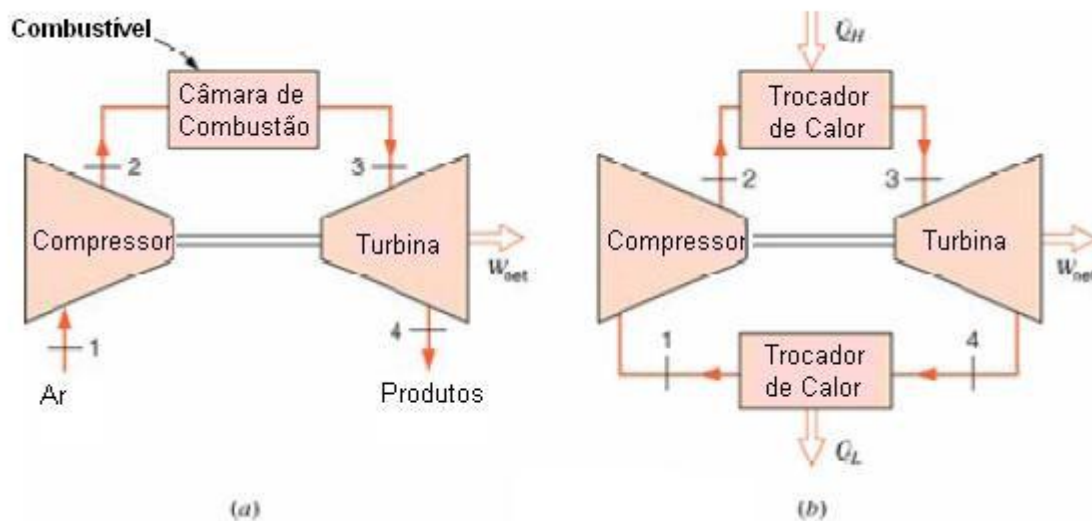


FIGURA 3 – Fluxogramas das turbinas a gás: a) Ciclo aberto; b) Ciclo fechado. Fonte: Castro (2006). Apud. Figueiredo (2007).

As microturbinas, segundo Figueiredo (2007), possuem o mesmo princípio de funcionamento das turbinas a gás de circuito aberto, apresentando possibilidade de geração de eletricidade em pequena escala. Apresenta alta confiabilidade, simplicidade de projeto, é compacta, de fácil instalação e manuseio.

Ainda segundo o autor, os motores de combustão interna realizam trabalho queimando uma mistura de vapor e combustível dentro de um cilindro. O trabalho mecânico é gerado com a transformação do movimento retilíneo do pistão em circular por meio de um virabrequim. É um mecanismo amplamente utilizado, por ser um processo prático e apresenta grande durabilidade. Existem dois tipos conhecidos de motores de combustão interna, são eles: motor Ciclo Otto e motor Ciclo Diesel. Funcionam de maneira muito parecida, tendo como diferença principal o processo de adição de calor, que no Ciclo Otto ocorre a volume constante (isocórico) e no Ciclo Diesel ocorre a pressão constante (isobárico). O mais utilizado é o Ciclo Otto, representado na figura 4, a seguir.

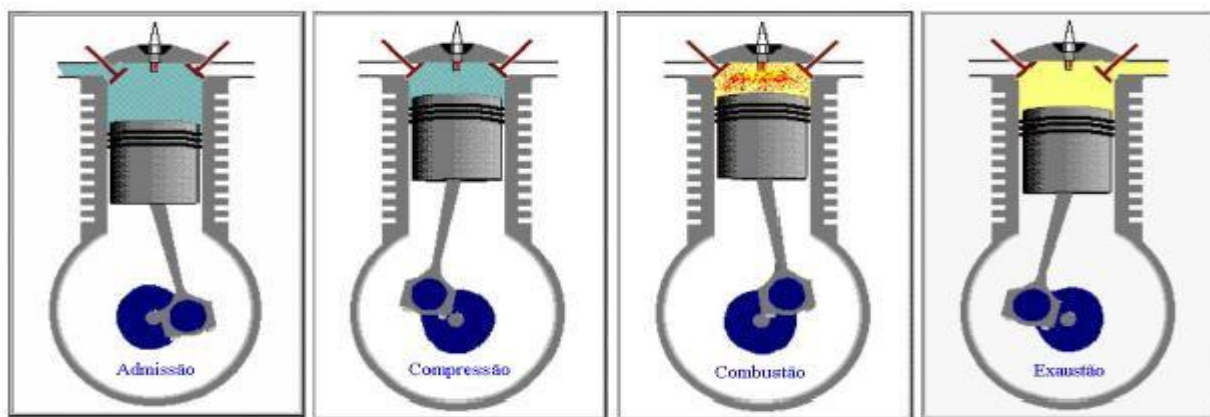


FIGURA 4 - Desenho esquemático das etapas de funcionamento de um motor ciclo Otto. Fonte: Pecora (2006). Apud. Figueiredo (2007)

O funcionamento do motor Ciclo Otto, ainda segundo Figueiredo (2007), ocorre sequencialmente em quatro etapas, consideradas “tempos”, listadas a seguir.

Primeira etapa (tempo): abertura da válvula de admissão através da qual é injetada no cilindro a mistura ar-combustível e o pistão é empurrado para baixo com o movimento do virabrequim.

Segunda etapa (tempo): fechamento da válvula de admissão e compressão da mistura (taxa da ordem de 10:1) e conforme o pistão sobe (antes de chegar à parte superior) a vela gera uma faísca.

Terceira etapa (tempo): explosão da mistura e expansão dos gases quentes formados na explosão. Esta expansão promove uma força que faz com que o pistão desça.

Quarta etapa (tempo): Abertura da válvula de escape através do qual os gases são expulsos pelo pistão.

TABELA 1 - Comparação entre os equipamentos de conversão energética.

Tecnologia de Conversão	Potência Instalada	Rendimento Elétrico	Emissões de NOx partes por milhão (ppm)
Motores a Gás (Ciclo Otto)	30 kW – 20 MW	30% - 40%	250 – 3000
Turbinas a Gás (Médio Porte)	500 kW – 150 MW	20% - 30%	35 – 50
Microturbinas (Pequeno Porte)	30 kW – 100 kW	24% - 28%	< 9

Fonte: CEMBIO (2005). Apud. Figueiredo (2007).

Pode-se observar que os motores de combustão interna possuem maior eficiência energética, porém emitem muito mais NOx do que as turbinas a gás, o que torna mais vantajosa a utilização destas últimas. Porém, os motores ainda são os mais utilizados em projetos de recuperação energética.

5. Potencial do estado de São Paulo

A classificação do aterro apresentada como (Adequado, Controlado e Inadequado) refere-se ao IQR (Índice de qualidade de resíduos), pontuação dada em uma escala de 0 a 10, sendo, segundo Ensinas (2003), aqueles entre 0 e 6 considerados inadequados, entre 6 e 8 controlados e entre 8 e 10 adequados. A classificação analisa 41 itens, divididos em aspectos como localização, infraestrutura e condições operacionais.

Geometria e Operação do aterro	Características iniciais dos resíduos	Ambiente interno	Ambiente Externo
1. Dimensão do aterro	1. Composição do lixo	1. Umidade da massa na degradação	1. Precipitação e infiltração
2. Impermeabilização do aterro	2. Umidade do lixo	2. pH nas células	2. Variação da pressão atmosférica
3. Compactação do Lixo		3. Temperatura	3. Temperatura
		4. Disponibilidade de nutrientes/bactérias	4. Evapotranspiração
		5. Presença de agentes inibidores	5. Umidade relativa do ar

Figura 5 – Fatores que alteram o potencial energético do aterro. Fonte: Maciel (2003) apud Alves (2008)

O estado de São Paulo, segundo IBGE (2010), possui 645 municípios, boa parte deles tem seu próprio aterro sanitário, alguns outros depositam seus resíduos em outro município. Dentre todos os aterros do estado, segundo análise realizada sobre inventário elaborado pela CETESB (2010), 18 recebem por dia a quantia mínima de resíduos para que seja possível a comercialização de energia recuperada do aterro. A seguir, apresenta-se a tabela 2 com o nome das cidades que sediam estes aterros, a quantia de resíduos (em toneladas) recebida por dia, a classificação do aterro (em Adequado, Controlado e Inadequado) e a observação se é aterro próprio (recebe resíduos só do município citado) ou o número de municípios que deposita resíduos no aterro referente.

TABELA 2 – Aterros do Estado de São Paulo, onde pode ser feita a recuperação energética do biogás.

Aterros Sanitários SP			
Cidade	ton/dia	Classificação	
Bauru	203,3	Controlado	Próprio
Caieiras	5597,6	Adequado	18 municípios
Campinas	743,7	Adequado	Próprio
Guarulhos	855,6	Adequado	Próprio
Guatapar	864,4	Adequado	22 municípios
Iperó	434,3	Adequado	5 municípios
Itapevi	355	Adequado	6 municípios
Itaquaquecetuba	734,6	Adequado	8 municípios
Mauá	250,6	Adequado	8 municípios

Onda Verde	270	Adequado	6 municípios
Osascos	466,5	Controlado	Próprio
Paulínia	995	Adequado	28 municípios
Santana de Parnaíba	644,1	Adequado	6 municípios
Santos	679	Adequado	6 municípios
São José dos Campos	430,9	Adequado	Próprio
São Paulo	6.068	Adequado	3 municípios
Tremembé	301,8	Adequado	10 municípios
TOTAL	19893,6		

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da CETESB (2010).

É importante ressaltar que a tabela 3 apresenta uma estimativa da quantidade de lixo depositada nos aterros em questão, não pode ser considerada como informação precisa da quantia absoluta de resíduos em depósito. A tabela foi elaborada a partir de um estudo realizado pela CETESB (2010), que estima a quantidade de lixo produzida por cidade através da utilização de índices de produção de lixo por habitante, apresentada na tabela 2 a seguir.

TABELA 3 – Índices estimativos de produção “per capita” de resíduos sólidos domiciliares adotados em função da população urbana.

POPULAÇÃO (hab)	PRODUÇÃO (kg/hab.dia)
Até 100.000	0,4
De 100.001 a 200.000	0,5
De 200.001 a 500.000	0,6
Maior que 500.000	0,7

Fonte: CETESB (2010)

Como pode-se observar na tabela 2 , o total de resíduos depositados nos aterros em que a recuperação energética pode ser feita, no estado de São Paulo é 19.893,6 toneladas por dia, o que significa 7.261.164 toneladas por ano. Com este número podemos definir as possibilidades de geração energética através de aterros no estado de São Paulo, considerando a fórmula a seguir, disponibilizada por Silva et al (2008), e as informações posteriormente colocadas.

$$E = 2.L0.R.k.e^{-k} \cdot (\text{idade})$$

Onde:

E = Emissões (Metano Gerado por m^3)

L0 = Potencial de geração de biogás (m^3 por Kg de resíduo)

R = Resíduos depositados no ano (Kg)

K = Constante de Geração de Metano

Idade = Idade média do resíduo (ou do aterro)

Depois de calculada a emissão de metano por ano no aterro, deve-se considerar o poder calorífico do biogás, que varia de $4.000Wh/m^3$ a $6.000Wh/m^3$.

Então, considera-se a eficiência dos equipamentos de conversão de energia elétrica, que como no Brasil o mais utilizado é o ciclo Otto, este será o conversor considerado e sua eficiência é estimada em 34%, segundo CEPEA (2004).

Para a obtenção de uma estimativa de potencial energético, considerando que não houve acesso a dados específicos dos aterros citados, serão criados aqui dois cenários de geração, um cenário pessimista, denominado C1, e um cenário otimista, denominado C2.

No cenário pessimista (C1), serão consideradas todas as variáveis com o menor valor possível e a idade dos resíduos será considerada como 2 anos, pois é a idade mínima do aterro em que os resíduos costumam ser utilizados para geração energética. No cenário otimista (C2), serão consideradas todas as variáveis com maior valor possível, nesse caso, a vida útil de um aterro de 10 anos, como sua idade de referência.

A intenção desta metodologia é dar uma projeção de geração de energia no estado de São Paulo a partir de aterros sanitários, considerando-se os dois cenários anteriormente citados.

5.1. Cenário Pessimista (C1)

Este é o cenário que apresenta o menor potencial possível para a geração energética a partir de aterros do estado de São Paulo.

Neste cenário considera-se o menor índice possível para as condições brasileiras e a idade do aterro como dois anos, pois é a idade mínima considerada para a recuperação energética.

$$L0 = 0,14$$

$$R = 7.261.164.000 \text{ Kg}$$

$$K = 0,04$$

$$\text{Idade} = 2 \text{ anos}$$

$$E = 2 * 0,14 * 7.261.164.000 * 0,04 * e^{-0,04 * 2}$$

$$E = 156.272.473 \text{ m}^3/\text{ano}$$

Considera-se agora o poder calorífico do biogás como 4.000 Wh/m^3 , logo, com a multiplicação das emissões obtidas por ano pelo poder calorífico considerado, chega-se a produção de $156.272.473 * 4.000 = 625.089.892.000 \text{ Wh/ano}$.

Corrigindo-se este valor pela eficiência dos equipamentos de conversão em energia elétrica ciclo Otto, considerada 34%, obtêm-se: $625.089.892.000 * 0,34 = 212.530.563.300 \text{ Wh/ano}$ ou aproximadamente 212.530 MWh/ano .

5.2 Cenário Otimista (C2)

Este é o cenário que apresenta o maior potencial possível para a geração energética a partir de aterros do estado de São Paulo.

Neste cenário considera-se o maior índice possível para as condições brasileiras e a idade do aterro como dez anos, pois é, em média, a vida útil dos aterros.

$$L_0 = 0,19$$

$$R = 7.261.164.000 \text{ Kg}$$

$$K = 0,15$$

$$\text{Idade} = 10 \text{ anos}$$

$$E = 2 * 0,19 * 7.261.164.000 * 0,15 * e^{-0,15 * 10}$$

$$E = 3.562.352.811 \text{ m}^3/\text{ano}$$

Considera-se agora o poder calorífico do biogás como 6.000 Wh/m^3 , logo, com a multiplicação das emissões obtidas por ano pelo poder calorífico considerado, chega-se a produção de $3.562.352.811 * 6.000 = 21.374.116.860.000 \text{ Wh/ano}$.

Corrigindo-se este valor pela eficiência dos equipamentos de conversão em energia elétrica ciclo Otto, considerada 34%, obtêm-se: $21.374.116.860.000 * 0,34 = 7.267.199.734.000 \text{ Wh/ano}$ ou aproximadamente $7.267.199 \text{ MWh/ano}$.

4. Discussão dos resultados

Segundo dados obtidos através site engenharia, identificou-se o consumo médio de uma família de 4 pessoas, no Brasil, como pode ser observado na tabela a seguir

Tabela 4 – Estimativa de consumo mensal de uma família de quatro pessoas

Estimativa de consumo mensal			
Unidade residencial de uma família com 4 pessoas			
Ambiente	Uso		Consumo (kW x h)
SALA	iluminação	0,2 kW x 2 h/dia x 30 dias	12,0
	tomadas	0,4 kW x 3 h/dia x 30 dias (TV)	36,0
DORMITÓRIO 1	iluminação	0,1 kW x 1 h/dia x 30 dias	3,0
	tomadas	0,5 kW x 0,2 h/dia x 30 dias	3,0
DORMITÓRIO 2	iluminação	0,1 kW x 1 h/dia x 30 dias	3,0
	tomadas	0,4 kW x 0,2 h/dia x 30 dias	2,4
COZINHA	iluminação	0,1 kW x 3 h/dia x 30 dias	9,0
	tomadas	0,3 kW x 0,5 h/dia x 30 dias	4,5
	geladeira *	0,4 kW x 6 h/dia x 30 dias	72,0
	freezer *	0,5 kW x 6 h/dia x 30 dias	90,0
	máq. lav. prat.	2,2 kW x 1 h/dia x 30 dias	66,0
	torneira	3 kW x 1 h/dia x 30 dias	90,0
ÁREA DE SERVIÇO	iluminação	0,1 kW x 0,5 h/dia x 30 dias	1,5
	máq. lav. roup.	0,6 kW x 6 h/sem. x 4 sem.	9,6
	ferro	0,6 kW x 4 h/sem. x 4 sem.	14,4
BANHEIRO	iluminação	0,1 kW x 1 h/dia x 30 dias	3,0
	tomadas	0,1 kW x 0,1 h/dia x 30 dias	0,3
	chuveiro	4,0 kW x 1 h/dia x 30 dias	120,0
TOTAL **			539,7

Fonte: <http://www.sitengenharia.com.br/tabelaenergia.htm>

Com base nos dados da tabela 4, e nos cenários C1 e C2, pode-se chegar a conclusão de que:

No cenário pessimista (C1)

A geração energética seria capaz de sustentar 32.816 famílias, considerando-se o cálculo a seguir:

$$C1 = 212.530 \text{ MWh/ano} * 1000 = 212.530.000 \text{ KWh/ano}$$

Convertendo para KWh/mês

$$C1 = 212.530.000 \text{ KWh/ano} / 12 = 17.710.833 \text{ KWh/mês}$$

$$C1/\text{consumo famílias} = 32.816 \text{ famílias}$$

No cenário otimista (C2)

A geração energética seria capaz de sustentar 1.122.105 famílias, considerando-se o cálculo a seguir:

$$C2 = 7.267.199 \text{ MWh/ano} * 1000 = 7.267.199.000 \text{ KWh/ano}$$

Convertendo para KWh/mês

$$C2 = 7.267.199.000 \text{ KWh/ano} / 12 = 605.599.917 \text{ KWh/mês}$$

$$C2/\text{consumo famílias} = 1.122.105 \text{ famílias}$$

5. Considerações Finais

Pode-se observar, a partir das informações expostas que, o Estado de São Paulo possui um potencial de geração energética bastante interessante sendo desperdiçado em aterros sanitários e poluindo a atmosfera, com a adequação dos aterros e a implantação de projetos de geração energética o problema da gestão de resíduos se resolve juntamente com o da poluição do ar e diversifica as fontes de energia renovável.

Se este potencial já aparece elevado quando tratamos apenas do estado de São Paulo, pode-se concluir também que em todo o Brasil esta fonte renovável é uma alternativa bastante importante para a diversificação da matriz energética, aliando-se a disposição adequada de resíduos sólidos como uma alternativa de solução duplamente vantajosa.

6. Referências

ABREU, F. V.; ROSA L. P.; AVELINO M. R.; SOUZA M. C. L.; NACIMENTO V. C.; SOUZA E. S. Estudo técnico, econômico e ambiental da produção de energia através do biogás de lixo, 2010. Disponível em: <http://www.eng.uerj.br/publico/anexos/1280380404/CON10-0420-Biogas.pdf>

ALVES, I. R. F. S. Análise experimental do potencial de geração de Biogás em Resíduos Sólidos Urbanos, 2008. Disponível em: http://homologa.ambiente.sp.gov.br/biogas/docs/artigos_dissertacoes/ingrid_alves.pdf

BIODIESELBR.COM. Demanda energética brasileira. Sessão Análise de Mercado, 2006. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/destaques/analise2/demanda-energetica-brasileira.htm>

CETESB. Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares, 2010. Disponível em:
<http://www.cetesb.sp.gov.br/noticia/257,Noticia>

ENSINAS, A. V. Estudo da Geração de Biogás no Aterro Sanitário Delta em Campinas – SP, 2003. Disponível em:
<http://146.164.33.61/termo/biogas/Estudo%20da%20gera%E7%E3o%20de%20biog%E1s%20no%20aterro%20sanit%E1rio%20Delta%20em%20Campinas.pdf>

FIGUEIREDO, N. J. V. Utilização de biogás de aterro sanitário para geração de energia elétrica e iluminação a gás – Estudo de Caso, 2007. Disponível em:
<http://cenbio.iee.usp.br/download/publicacoes/Natalie.pdf>

PECORA V.; FIGUEIREDO N. J. V.; COELHO S. T.; VELÁZQUEZ S. M. S. G. CEMBIO – Biogás e o Mercado de Créditos de Carbono, 2008. Disponível em:
http://cenbio.iee.usp.br/download/documentos/notatecnica_viii.pdf **CETESB – (2010)**

ECONOMIA DO CLIMA. *Economia da mudança do clima no Brasil: Custos e oportunidades.* Disponível em:
http://www.economiadoclima.org.br/files/biblioteca/Economia_do_clima.pdf, 2010.

IBGE – (2010) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados do censo 2010 de São Paulo. Disponível em http://www.censo2010.ibge.gov.br/dados_divulgados/index.php?uf=35

IPEA – Instituto de pesquisa econômica aplicada. Livro: *sustentabilidade ambiental no Brasil: Diversidade, economia e bem-estar humano.* Pg.129, Texto: *Energia e meio ambiente no Brasil: Oferta interna e padrão de consumo energético.* 2010

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Versão Preliminar, Setembro, 2011. Disponível em
http://www.cnrh.gov.br/pnrs/documentos/consulta/versao_Preliminar_PNRS_WM.pdf

PROIN/CAPES e UNESP/IGCE. Material didático: arquivos. Rio Claro: Departamento de Geologia Aplicada, 1999. Disponível em
<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res13.html>

SILVA, C.L.; RABELO, J.M.O.; BOLLMANN, H.A. Energia no lixo: uma avaliação da viabilidade do uso do biogás a partir dos resíduos sólidos urbanos. In: IV Encontro Nacional da Anppas, Brasília, junho de 2008. Disponível em
<http://www.anppas.org.br/encontro4/cd/ARQUIVOS/GT4-1043-947-20080518202346.pdf>

Yokota, P. *Matriz energética mundial.* Disponível em:
<http://www.asiacomentada.com.br/2010/01/matriz-energetica-mundial/>, 2010.