

III-118 - AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE BIOGÁS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO ATERRO SANITÁRIO METROPOLITANO OESTE DE CAUCAIA-CE

Marisete Dantas de⁽¹⁾

Doutor em Meio Ambiente/Recursos Hídricos. Professora Associada do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará.

Thiago Lacerda Sátiro⁽²⁾

Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal do Ceará.

Endereço⁽¹⁾: Rua Brigadeiro Vilela, 199 – Aerolândia – Fortaleza – CE – CEP: 60.850 – 780 - Brasil - Tel: (85) 3337-3914 - e-mail: marisete@ufc.br

RESUMO

Nos últimos anos tem-se notado um crescente aumento na produção de resíduos sólidos (lixo) associado ao aumento da população e da urbanização, bem como por uma maior necessidade de desenvolvimento, e isto tem se mostrado como um dos principais problemas ambientais e das administrações públicas. As mudanças no padrão de consumo da sociedade, desde a Revolução Industrial, levaram ao acúmulo de Gases de Efeito Estufa (GEEs) na atmosfera e Resíduos Sólidos Urbanos (RSUs) na superfície terrestre em quantidades nunca antes vistas. Atualmente, o manejo inadequado de resíduos sólidos de qualquer origem gera desperdícios, constitui ameaça constante à saúde pública e agrava a degradação ambiental, comprometendo a qualidade de vida das populações, especialmente nos centros urbanos de médio e grande porte. A situação evidencia a urgência em se adotar um sistema de conscientização educacional da sociedade, definindo uma política para o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos que assegure a melhoria do nível de qualidade de vida e proteja o meio ambiente. Diante deste quadro foi firmado o Protocolo de Kyoto, um acordo que estipula controle sobre as intervenções humanas (antrópicas) sobre o clima. Este protocolo firmou que os seus signatários países desenvolvidos reduzam suas emissões de gases de efeito estufa em 5,2%, relativas ao ano de 1990, entre 2008 e 2012. Desta forma, percebe-se que a poluição global causada pela emissão de Gases de Efeito Estufa tornou-se uma grande preocupação da humanidade, levando a que todas as políticas para reduzi-las sejam muito bem vindas, como as que enfocam o CO₂ (gás carbônico) e CH₄ (metano) decorrente da digestão anaeróbica do lixo depositados em aterros sanitários, produtora de gás de lixo, o biogás. Portanto, o gerenciamento adequado de Resíduos Sólidos Urbanos é capaz de permitir uma significativa redução de emissões sem requerer mudanças estruturais nos padrões de consumo da sociedade, o que pode gerar recursos advindos das Bolsas de Carbono, firmada com a assinatura do Protocolo de Kyoto. Durante a crise do abastecimento do petróleo, as pesquisas apontaram para várias alternativas, merecendo destaque o biogás gerado pela digestão anaeróbica de matéria orgânica dos resíduos. Trata-se de uma mistura gasosa rica em metano, com alto poder energético, em muitos casos em quantidade suficiente para ser explorado de forma econômica.

PALAVRAS-CHAVE: Biogás, Aterro Sanitário, Fontes Alternativas de Energia, Resíduos Sólidos, Geração e Uso Energético.

INTRODUÇÃO

A imensa quantidade de resíduos sólidos produzida diariamente nos grandes centros urbanos tem gerado inúmeros problemas nos mais diversos setores, a saber: ambiental, social, econômico e administrativo. Resultado principalmente do aumento populacional, com consequente ocupação desordenada do solo, aliado ainda ao desenvolvimento econômico, o incremento do lixo gerado vem despertando, na sociedade, a adoção de medidas que dêem destinação e tratamento adequados àquele, buscando soluções que mitiguem os efeitos deletérios ao meio ambiente, assim como proporcionem uma convivência harmônica entre homem e natureza, caracterizando o desenvolvimento sustentável.

Se há algo que caracteriza o século XX é o fim dos impérios coloniais e o surgimento das nações “emergentes” com vibrantes economias, como a Coréia do Sul, Taiwan, China, Índia e até o Brasil em alguns períodos. Economias vibrantes significam mais “progresso”. Este progresso tem um custo ambiental, porque à medida que o consumo aumenta é preciso ampliar a área dedicada à agricultura, construir novas indústrias,

estradas e outros meios de comunicação. É impossível ter tudo isso sem interferir no meio ambiente em que vivemos. No contexto de desenvolvimento e evolução da espécie humana, a energia nas suas mais diversas formas, se torna indispensável à sobrevivência da mesma. E mais do que sobreviver, o homem procurou sempre evoluir, descobrindo fontes e formas alternativas de adaptação ao ambiente em que vive e de atendimento às suas necessidades. Dessa forma, a exaustão, escassez ou inconveniência de um dado recurso tende a ser compensada pelo surgimento de outro(s). Em termo de suprimento energético, a eletricidade se tornou uma das formas mais versáteis e convenientes de energia, passando a ser recurso indispensável e estratégico para o desenvolvimento socioeconômico de muitos países e regiões. Durante a crise do abastecimento do petróleo, as pesquisas apontaram para várias alternativas, merecendo destaque o biogás gerado pela digestão anaeróbia de matéria orgânica dos resíduos. Trata-se de uma mistura gasosa rica em metano, com alto poder energético, em muitos casos em quantidade suficiente para ser explorado de forma econômica.

Dentre todos os problemas ambientais oriundos do desenvolvimento um dos mais críticos, se não o mais crítico, é o aumento na geração dos resíduos sólidos – segundo Mendes (2005) a intensificação das atividades humanas nas cidades tem gerado um acelerado aumento na produção de resíduos sólidos, os quais se constituem em grande problema para as administrações públicas – o problema dos resíduos sólidos não se limita à coleta do mesmo, mas, também à sua disposição final.

Têm-se algumas formas de disposição destes resíduos, mas o Brasil, com uma grande extensão territorial, concentra-se na disposição em aterros sanitários, tendo em vista, também, o seu baixo custo, quando comparado com outras formas de disposição final. Mas, mesmo que a sua operação seja feita de forma controlada e eficiente, tem-se como um dos produtos desta disposição o “gás de aterro”, chamado de biogás, que é bastante poluente.

Este gás tem um efeito muito nocivo ao ambiente e merece ser tratado. Principalmente quando abordamos a questão ambiental referente a emissões de gases responsáveis pelo efeito estufa, que resulta em um aquecimento global do planeta, tema de profunda preocupação nos dias de hoje.

METODOLOGIA

Neste trabalho faz-se uma avaliação do potencial energético de biogás gerado no Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia – ASMOC. Para isso, foram estudados alguns aspectos relativos aos resíduos sólidos urbanos e o biogás. Apresentando uma análise do potencial energético do aterro através do software BIOGÁS (versão 1.0) e dados de produção do referido aterro sanitário.

Para atingir os objetivos almejados, a pesquisa seguiu as seguintes etapas:

- Revisão bibliográfica sobre o assunto;
- Um estudo de caso;
- Obtenção dos dados;
- Análise dos resultados obtidos;
- Elaboração de proposta para o gerenciamento ambientalmente adequado dos gases oriundos do aterro de Caucaia em Fortaleza-Ce.

A abordagem metodológica adotada nesta pesquisa é do tipo exploratória e investigativa, tendo como método, o estudo de caso. A unidade em análise é o Aterro Sanitário do Município Oeste de Caucaia – ASMOC, que recebe os resíduos sólidos urbanos do Município de Fortaleza e Caucaia e qual o potencial e viabilidade do aproveitamento de geração de energia elétrica utilizando o gás do aterro como combustível. Este estudo resultou em um aprofundamento teórico no âmbito de questões ambientais – Camada de Ozônio, Efeito Estufa, Aquecimento Global, Protocolo de Kyoto – questões energéticas – Energia Elétrica no Brasil, Fontes de Energia Alternativa – questões relacionadas aos Resíduos Sólidos Urbanos e sua disposição em Aterros Sanitários e finalmente ao gás de aterro, biogás – geração, composição e a geração de energia elétrica com o mesmo como combustível. Este estudo subsidiará, juntamente com a utilização do software BIOGÁS (versão 1.0), a validade da utilização do lixo acumulado no aterro sanitário ASMOC como gerador de energia elétrica, criando assim mais uma alternativa energética. O diagnóstico será feito utilizando-se dados de produção do aterro ASMOC seguindo a seqüência de processo do software citado acima.

- **Estudo de Caso**

Os Municípios de Fortaleza e Caucaia possuem sistema compartilhado de coleta e de disposição final de resíduos sólidos. O Aterro Sanitário Metropolitano Oeste em Caucaia (Figura 8) está localizado na rodovia BR-020, sendo gerenciado pela Empresa Municipal de Limpeza e Urbanização de Fortaleza, e monitorado pela SEMACE. A operação do aterro sanitário é feita pela Construtora G & F Ltda., contratada por convênio com a EMLURB.

O Aterro Sanitário do Município Oeste de Caucaia – ASMOC está localizado na rodovia BR-020, e é limitado pelos paralelos 3°45' e 3°47' de longitude Sul e pelos meridianos 38°43' e 38°45' de longitude Oeste (Figura I), gerenciado pela Empresa Municipal de Limpeza e Urbanização de Fortaleza - EMLURB, monitorado pela Agência Reguladora de Fortaleza – ARFOR e fiscalizado por o órgão ambiental do estado – SEMACE.



Figura 1 – Vista de uma Célula no Aterro Sanitário do Município Oeste de Caucaia – ASMOC

O terreno apresenta uma forma retangular e possui uma área de 123 hectares, dos quais 78 são destinados a abertura de células para acomodação dos resíduos. O restante do espaço é usado para outros espaços de trabalho e também para uma área de preservação ambiental mantida de acordo com a legislação. A área que recebe os resíduos sólidos tem 78,47 hectares e é dividida em 17 setores e subdividida em 67 trincheiras, em sua maioria com largura de 70 metros e comprimento de 100 metros. A profundidade de escavação das trincheiras varia entre três e cinco metros. O solo que é extraído é armazenado ao lado da trincheira para utilizado posteriormente como material de cobertura. O sistema de drenagem de percolado é então construído no fundo da trincheira antes dos resíduos sólidos serem depositados.

A área que recebe os resíduos sólidos tem 78,47 ha., estando dividida em 17 setores e subdividida em 67 trincheiras, em sua maioria com largura de 70 m e comprimento de 100 m. A profundidade de escavação das trincheiras varia entre três e cinco metros. O solo que se extrai é armazenado ao lado da trincheira para utilizá-lo posteriormente como material de cobertura. O sistema de drenagem de percolado é então construído no fundo da trincheira antes dos resíduos sólidos serem depositados.

As tabelas a seguir caracterizam o tipo de resíduo sólido urbano depositado no Aterro Sanitário Metropolitano Oeste em Caucaia e a quantidade de toneladas depositadas no mesmo:

Tabela 1. Recebimento de resíduos sólidos no ASMC.

Tipo de resíduo	Janeiro/2002 (%)	Fevereiro/2002 (%)
Coleta domiciliar	44,68	39,25
Coleta especial urbana	29,54	25,01
Coleta transbordo*	11,56	12,84
Limpeza de canal	0,00	9,27
Coleta hospitalar	0,57	0,54
Coleta de animais mortos	0,02	0,03
Coleta de poda	2,58	2,13
Coleta de entulho	7,10	7,78
Coleta de varrição	0,96	0,81
Coleta de capina	2,99	2,34
Total	100,00	100,00

Fonte: ASMC (2002) apud RUSCHMANN CONSULTORES (2002).

* Coleta de transbordo corresponde à coleta de material que sobra da reciclagem.

Tabela 2. Controle mensal de resíduos sólidos no ASMC.

Origem da Coleta	Quantidades Totais (Ton.).		
	Jan./2002	Fev./2002	Mar/2002
Fortaleza	94.341,77	87.372,20	88.975,31
Caucaia	6.799,62	5.671,88	5.835,55
Terceiros	5.436,90	4.857,95	4.013,84
Total	106.578,19	97.902,03	98.824,70

Fonte: RUSCHMANN CONSULTORES, 2002.

Extrapolando os valores da Tabela, verifica-se que o ASMC recebe aproximadamente 1.213.000,00 toneladas de resíduos sólidos por ano, e, conforme verificações em campo e informações de funcionários da administração e operação do aterro, têm-se uma previsão de que o mesmo estará saturado em aproximadamente sete anos (Ruschmann Consultores).

- **Produção do Aterro**

Os dados acerca da quantidade de resíduos que são enviados para o Aterro de Caucaia foram disponibilizados pela Empresa de Limpeza Urbana (EMLURB apud Sátiro, 2007) e estão ordenados do seguinte modo:

- Ano de referência;
- RSU – Resíduos Sólidos Urbanos - expressos em toneladas;
- Observações pertinentes.

No período de 1992 a 1997, foram produzidas - 360.000 toneladas.

Dados estimados de entradas de RSU oriundos do município de Caucaia neste período. Considerou-se um valor médio mensal de 5.000 toneladas, perfazendo um total de 60.000 toneladas em 6 anos. Esta estimativa é um tanto conservadora, pois, atualmente, o aterro recebe, em média, 6.500 toneladas de resíduos sólidos urbanos provenientes de Caucaia por mês.

No ano de 1998, foram produzidas - 843.333 toneladas.

Como o aterro passou a receber também os resíduos da cidade de Fortaleza a partir de março de 1998, consideraram-se, para a estimativa, os cálculos a seguir: resíduos de Caucaia de janeiro a fevereiro + resíduos totais estimados de Fortaleza de março a dezembro.

No ano de 1999, foram produzidas - 1.000.000 toneladas.

Dados referentes aos anos 1998, 1999 e 2000 foram estimados com base na geração dos anos de 2001 e 2002 (1.000.000ton/ano). Estimativa conservadora, dado que, nos anos de 2001 e 2002, o volume de resíduos que entraram no aterro foi, em média, 1.100.000 toneladas.

No ano 2000, foram produzidas - 1.000.000 toneladas.

Dados referentes aos anos 1998, 1999 e 2000 foram estimados com base na geração dos anos de 2001 e 2002 (1.000.000ton/ano). Estimativa conservadora, dado que, nos anos de 2001 e 2002, o volume de resíduos que entraram no aterro foi, em média, 1.100.000 toneladas.

No ano de 2001, foram produzidas - 1.188.126 toneladas.

Dados reais de entrada, monitorados por meio do sistema atual de controle.

No ano de 2002, foram produzidas - 1.111.089 toneladas.

Dados reais de entrada, monitorados por meio do sistema atual de controle.

No ano de 2003, foram produzidas - 913.704 toneladas.

Dados reais de entrada, monitorados por meio do sistema atual de controle.

No ano de 2004, foram produzidas - 877.966 toneladas.

Dados reais de entrada, monitorados por meio do sistema atual de controle.

No ano de 2005, foram produzidas - 950.120 toneladas.

Dados reais de entrada, monitorados por meio do sistema atual de controle.

No ano de 2006, foram produzidas - 512.745 toneladas.

Resíduos recebidos no período de janeiro a junho de 2006.

Quantidade total de resíduos - 8.397.083 toneladas.

Demais dados:

- Capacidade projetada: 10.210.000 toneladas de lixo.
- Início das operações: 1991.
- Área: 123 hectares.

• **Software Utilizado**

Biogás, geração e uso energético – aterros, versão 1.0 é uma programa de computador e faz parte dos produtos desenvolvidos pelos convênios firmados entre o Governo federal, por intermédio do Ministério da Ciência e Tecnologia e o Governo do estado de São Paulo, por intermédio da secretaria de estado do meio Ambiente e da Companhia de tecnologia de saneamento Ambiental – CETESB.

O programa estima as emissões de biogás e as quantidades potenciais de energia disponíveis pela sua recuperação e uso em aterros sanitários.

Os resultados gerados pelo programa são as primeiras e menos onerosas informações que permitirão ao interessado dar início ao extenso processo de obtenção de benefícios energético e financeiro pela recuperação e uso energético do biogás de aterro sanitário. O programa de computador Biogás tem em sua concepção as seguintes etapas básicas: Início do programa; Características do aterro; Estimativa de geração de biogás do aterro, entrada de dados; Estimativa de geração de biogás do aterro, resultados; Escolha da tecnologia de uso energético; Dimensionamento simplificado do projeto de uso de biogás; Geração e emissão de relatório.

Para efetuar a estimativa de emissão do aterro este programa emprega um modelo matemático muito utilizado pela *United States Environmental Protection Agency* – USEPA. Este modelo é dado pela seguinte equação:

$$Q_x = k \cdot R_x \cdot L_0 \cdot e^{-k(x-T)} \quad (1)$$

Onde:

Q_x : vazão de metano gerado no ano x pelo Resíduo Sólido Domiciliar depositado no ano T. [$m^3 CH_4/ano$];

k: constante de decaimento. [1/ano];

R_x : fluxo de resíduos no ano x. [kg Resíduo Sólido Domiciliar];

L_0 : potencial de geração de metano. [$m^3 biogás/kg Resíduo Sólido Domiciliar$];

T: ano de deposição do resíduo no aterro. [ano];

x: ano atual. [ano];

De acordo com esse modelo, onde ocorre o processo de degradação anaeróbia, a estimativa de geração de metano é feita para cada porção de resíduo depositada no aterro. No primeiro ano ocorreu o maior nível de geração, reduzindo-se com o passar dos anos, com a sua intensidade em função da composição do resíduo e da umidade local.

Na prática, a equação indica que vazões (Q_x) de biogás são máximas no primeiro ano, reduzindo ano a ano. Essas emissões serão maiores quanto maiores forem os valores de k, R_x e L_0 . Da mesma maneira, o decaimento será mais acentuado quanto maiores forem k e T. De acordo com esse modelo, onde ocorre o processo de degradação anaeróbia, a estimativa de geração de metano é feita para cada porção de resíduo depositada no aterro. No primeiro ano ocorre o maior nível de geração, reduzindo-se com o passar dos anos, com a sua intensidade variando em função da composição do resíduo e da umidade do local. Na prática, a equação indica que vazões (Q_x) de biogás são máximas no primeiro ano, reduzindo ano a ano. Essas emissões serão maiores quanto maiores forem os valores de k, R_x e L_0 . Da mesma maneira, o decaimento será mais acentuado quanto maiores forem k e T.

A avaliação do fluxo de resíduos no ano (R_x) é um dos elementos mais importantes dessa estimativa. A literatura internacional fornece os valores de k e L_0 que são usadas nas estimativas feitas no Brasil atualmente. Os sugeridos os valores de k e L_0 são sugeridos pelo sistema, mas podem ser facilmente editados e substituídos por outras estimativas de melhor qualidade.

Porém, tais dados e medidas não existem para o local em estudo. Dessa forma, o único valor a ser inserido será o fluxo de resíduos depositados no aterro, aceitando, assim, os valores sugeridos pelo sistema para as demais variáveis (literatura internacional). E para isso foi necessária a obtenção de alguns registros do aterro. Tendo as seguintes opções de dados de entrada no software: **Histórico de disposição de resíduos do aterro**; Estimativa a partir do fluxo atual de resíduos e de uma taxa média de variação da geração (crescente no tempo), desde sua abertura até o fechamento; estimativa da geração de resíduos, a partir da população atendida pelo serviço de coleta de resíduos e da taxa de geração individual de resíduos.

Porém, tais dados e medidas não existem para o local em estudo. Dessa forma, o único valor a ser inserido será o fluxo de resíduos depositados no aterro, aceitando, assim, os valores sugeridos pelo sistema para as demais variáveis (literatura internacional). E para isso foi necessária a obtenção de alguns registros do aterro. Tendo as seguintes opções de dados de entrada no software:

- **Histórico de disposição de resíduos do aterro**, ou;
- Estimativa a partir do fluxo atual de resíduos e de uma taxa média de variação da geração (crescente no tempo), desde sua abertura até o fechamento, ou;
- Estimativa da geração de resíduos, a partir da população atendida pelo serviço de coleta de resíduos e da taxa de geração individual de resíduos.

Tabela 3. Histórico de disposição de resíduos no aterro ASMOc.

Ano	Qtd. (Ton.)	Acumulada (Ton.)	Observação
1992	60.000	60.000	
1993	60.000	120.000	
1994	60.000	180.000	
1995	60.000	240.000	
1996	60.000	300.000	
1997	60.000	360.000	
1998	843.333	1.203.333	
1999	1.000.000	2.203.333	
2000	1.000.000	3.203.333	
2001	1.188.126	4.391.459	
2002	1.111.080	5.502.539	
2003	913.704	6.416.243	
2004	877.966	7.294.209	
2005	950.120	8.244.329	
2006	1.025.490	9.269.819	- valor real até junho 512.745 toneladas, projetando-se até o final do ano.
2007	1.025.490	10.295.309	- valor do ano 2007 estimado, baseado no valor do ano 2006; - capacidade total do aterro atingida, baseada na capacidade projetada de 10.210.000 toneladas de lixo.
Média	686.354		- Média de disposição de lixo no aterro (Fluxo médio no período de 1992 a 2007).

Fonte: EMLURB.

A partir de dados históricos do fluxo de disposição de resíduos no aterro conforme tabela acima, foi feita a inserção de dados no sistema. Somado a isso foram assumidos os valores sugeridos pelo sistema para as variáveis R_x e L_0 .

A partir desses dados e da determinação de dados de linha de base, como os de: eficiência de coleta de biogás e eficiência queima de biogás (foram utilizados valores sugeridos pelo software, conforme figura a seguir), é conhecida a estimativa das emissões de metano no período considerado.

Foram sempre considerados dados sugeridos pelo sistema, tendo em vista a escassez de dados e medições no local em estudo. A estimativa é apresentada na forma de gráfico e planilha.



Fonte: software BIOGÁS (versão 1.0).

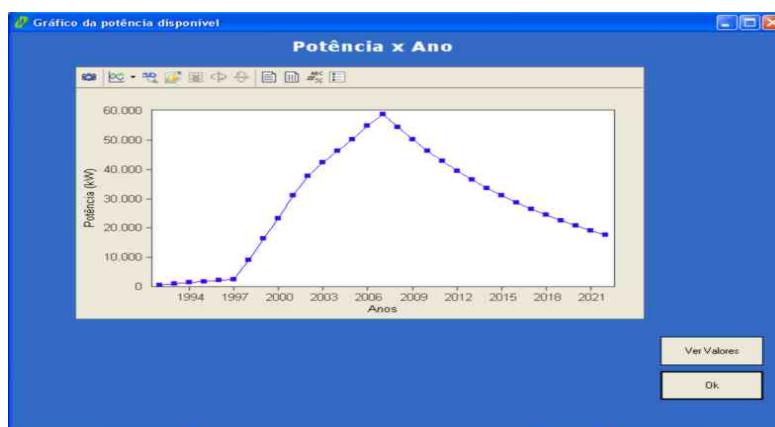
Figura 2. Vazão x Ano (Metano) no ASMOc.

Os dados da estimativa de vazão de metano produzida no aterro ASMOc estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 4. Estimativa de vazão de metano por ano no ASMOC.

Ano	Vazão ($10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$)
1992	576,00
1993	1.107,72
1994	1.598,55
1995	2.051,65
1996	2.469,91
1997	2.856,01
1998	10.732,43
1999	19.507,28
2000	27.607,49
2001	36.890,94
2002	44.721,08
2003	50.054,32
2004	54.634,43
2005	59.555,09
2006	64.820,98
2007	69.682,01
2008	64.324,60
2009	59.379,09
2010	54.813,81
2011	50.599,53
2012	46.709,25
2013	43.118,07
2014	39.803,00
2015	36.742,80
2016	33.917,88
2017	31.310,15
2018	28.902,91
2019	26.680,75
2020	24.629,43
2021	22.735,83
2022	20.987,82

Quando se converte a quantidade de gás em potência disponível no aterro, são considerados os vários tipos de perdas nesse processo.



Fonte: software BIOGÁS (versão 1.0).

Figura 2. Potência disponível por ano no ASMOC.

Tabela 8. Estimativa de potência disponível no ASMC.

Ano	Potência (kW)	Potência (m³/h)	Potência (MMBtu/h)
2 ¹⁹⁹	487,00	56,00	1.661,00
3 ¹⁹⁹	936,00	107,00	3.194,00
4 ¹⁹⁹	1.351,00	154,00	4.609,00
5 ¹⁹⁹	1.734,00	198,00	5.915,00
6 ¹⁹⁹	2.087,00	238,00	7.121,00
7 ¹⁹⁹	2.413,00	275,00	8.234,00
8 ¹⁹⁹	9.069,00	1.035,00	30.944,00
9 ¹⁹⁹	16.483,00	1.882,00	56.243,00
0 ²⁰⁰	23.328,00	2.663,00	79.597,00
1 ²⁰⁰	31.172,00	3.558,00	106.363,00
2 ²⁰⁰	37.789,00	4.314,00	128.939,00
3 ²⁰⁰	42.295,00	4.828,00	144.316,00
4 ²⁰⁰	46.165,00	5.270,00	157.521,00
5 ²⁰⁰	50.323,00	5.745,00	171.708,00
6 ²⁰⁰	54.773,00	6.253,00	186.890,00
7 ²⁰⁰	58.880,00	6.722,00	200.906,00
8 ²⁰⁰	54.353,00	6.205,00	185.459,00
9 ²⁰⁰	50.175,00	5.728,00	171.201,00
0 ²⁰¹	46.317,00	5.287,00	158.038,00
1 ²⁰¹	42.756,00	4.881,00	145.887,00
2 ²⁰¹	39.469,00	4.506,00	134.671,00
3 ²⁰¹	36.434,00	4.159,00	124.317,00
4 ²⁰¹	33.633,00	3.839,00	114.759,00
5 ²⁰¹	31.047,00	3.544,00	105.936,00
6 ²⁰¹	28.660,00	3.272,00	97.791,00
7 ²⁰¹	26.457,00	3.020,00	90.273,00
8 ²⁰¹	24.423,00	2.788,00	83.332,00
9 ²⁰¹	22.545,00	2.574,00	76.925,00
0 ²⁰²	20.812,00	2.376,00	71.011,00
1 ²⁰²	19.211,00	2.193,00	65.551,00
2 ²⁰²	17.734,00	2.024,00	60.512,00

Observa-se que a curva de geração de energia elétrica é simétrica e proporcional a geração de metano no aterro sanitário. Iniciando com uma potência próxima a 487 kW chegando ao máximo de 58.880 kW, no fechamento do aterro e decaindo exponencialmente com o passar dos anos.

A fase de escolha da tecnologia de uso energético é dividida em duas:

- *quantidades de energia que serão utilizadas:* é permitida a experimentação para diversos usos, que serão limitados pela quantidade de gás disponível. Sendo o período de viabilidade do empreendimento um importante fator de tomada de decisão;
- *escolha da tecnologia de conversão e uso da energia:* é concluído o processo de concepção do projeto. São listadas algumas tecnologias e suas estimativas de preços, que devem incluir os custos de investimento, operação e manutenção.

Assim, é feito um projeto simplificado do sistema de coleta e tratamento do biogás, que inclui quantidades e custos de diferentes componentes desse sistema.

Finalmente, o programa apresenta uma análise que inclui o custo da geração energética, potenciais ganhos pela venda de Créditos de Carbono e várias outras informações. Porém o estudo aqui proposto foi limitado até a etapa de simulação do potencial de geração elétrica disponível.

CONCLUSÕES

A conclusão desta pesquisa está estruturada quanto à pesquisa bibliográfica e aos resultados do desenvolvimento do estudo de caso.

Quanto à bibliografia, observa-se cada vez mais uma preocupação relativa às questões ambientais, como a disposição dos resíduos sólidos, efeito estufa, aquecimento global, Protocolo de Kyoto, buscando a sustentabilidade da sociedade.

Mesmo diante do grande potencial hidrelétrico brasileiro para geração de energia, é de fundamental importância que seja feita a diversificação da matriz energética do país, tendo em vista problemas de colapso, como períodos de falta de chuva que podem gerar “apagões”. Somado a isso, tem-se a oportunidade de diversificar a matriz energética a partir do uso do biogás, gerado em aterros sanitários, e através desta comercializar créditos de carbono, fazendo com que o país entre em um mercado que tem se demonstrado promissor com a instituição do Protocolo de Kyoto e com a abertura de bolsas de carbono pelo mundo.

Quanto aos resultados obtidos, a aplicação do procedimento para análise da viabilidade de geração de energia elétrica utilizando o biogás do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste em Caucaia – ASMOC foi estimado uma geração de metano com o valor máximo de 69.682.010 m³/ano ocorrendo no ano de 2007, referente ao ano previsto de fechamento do aterro. Por sua vez, a estimativa do potencial elétrico máximo foi de 58.880 kW, ocorrendo, também, no ano de 2007.

É importante salientar que para a conclusão final e como complemento deste trabalho é necessário um estudo econômico-financeiro de um empreendimento desta natureza.

A contribuição maior deste trabalho, não é de apresentar números precisos, e sim de alertar em relação a uma alternativa energética provinda de um produto da disposição de resíduos no aterro, o biogás, que demonstra ser um grande poluidor da atmosfera e tem tido um papel fundamental na situação de aquecimento global que estamos vivendo. Esta alternativa ainda se apresenta como uma alternativa energética constante e renovável. Contudo, esse trabalho ainda pode ser melhorado e otimizado de modo a atender às necessidades mais específicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CETESB. **Biogás – Geração e Uso Energético.** Manual do Usuário do Programa de Computador. São Paulo, 2006.
2. OLIVEIRA, L. B. **Potencial de aproveitamento energético de lixo e de biodiesel de insumos residuais no Brasil.** Tese (D.Sc., Planejamento Energético) – Instituto COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
3. VANZIN, Emerson. **Procedimento para análise da viabilidade econômica do uso do biogás de aterros sanitários para geração de energia elétrica: Aplicação no aterro Santa Tecla.** 2006, 93p. Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em engenharia e arquitetura para obtenção do título de mestre em Engenharia, Universidade de Passo Fundo.
4. SÁTIRO, T. L. **Avaliação do potencial para geração de energia elétrica utilizando o biogás no Aterro Sanitário Metropolitano Oeste em Caucaia – ASMOC.** Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.