

III-303 – PROGRAMA BIOMETA: ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE BIOGÁS E POTENCIAL ENERGÉTICO

Juliana Andrade Campos⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental na UFMT.

Amanda Jorge da Cunha Krüger⁽²⁾

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental na UFMT.

Thiago Quintella Barroso Santos⁽³⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental na UFMT.

Tamirys Gomes da Silva⁽⁴⁾

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental na UFMT.

David Maycon Schmitt Rosa⁽⁵⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental na UFMT.

Endereço⁽¹⁾: Rua 129, Quadra 133, nº 37, CPA IV 1ª etapa – Cuiabá – MT – CEP: 78058-314 – Brasil – Tel: (65) 9261-0143 – e-mail: juliana_ea@outlook.com

RESUMO

A destinação dos resíduos sólidos urbanos ainda é um problema na maior parte do Brasil. No município de Cuiabá-MT, a atual destinação dos resíduos não acontece de maneira adequada, sendo eles depositados a céu aberto. O aterro sanitário é hoje a mais adequada forma de destinação final dos resíduos sólidos urbanos face à realidade brasileira, podendo ser uma forma de se obter energia, devido à sua grande geração de biogás, que apresenta em sua composição o metano, um gás com elevado potencial energético. Portanto, o trabalho objetivou a criação de um algoritmo para estimar a geração e o potencial energético de biogás em aterros sanitários, seguindo o modelo do Método de Projeto, desenvolvido pela USEPA (1997) que se apresenta como o mais adequado na estimativa de biogás em fase de projeto. Para comparação foi calculada a estimativa de biogás para um futuro aterro sanitário no município de Cuiabá-MT, com vida útil de 20 anos, começando a receber os resíduos em 2015, por dois métodos: manualmente pelo Método do Inventário e pelo algoritmo com o Método de Projeto. Foram encontrados valores próximos entre os métodos no ano de 2035, que chegam a 23 milhões de m³/ano pelo Inventário e 21 milhões de m³/ano de metano pelo Programa Biometa, porém para os primeiros anos de funcionamento a diferença foi alta, devido ao Método do Inventário considerar basicamente apenas a composição e a quantidade de resíduos depositados, sem levar em conta dados como precipitação e tempo de maturação do metano. No ano inicial de funcionamento, o potencial energético do aterro foi estimado em 404.599,26 KW/mês, quantidade suficiente para abastecer cerca de 2627 residências, sendo que, à medida que o aterro vai recebendo mais resíduos, esse potencial vai aumentando, e tem seu pico no ano de 2035 com uma quantidade de 5.349.847,32 KW/mês mostrando que o aterro sanitário pode ser uma grande fonte de energia.

PALAVRAS-CHAVE: Biogás, Programa Biometa, Potencial Energético, Aterro sanitário.

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 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 gerados nos aterros de resíduos incluem o metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), amônia (NH₃), hidrogênio (H₂), gás sulfídrico (H₂S), nitrogênio (N₂) e oxigênio (O₂) (BORBA, 2006).

O potencial energético dos aterros sanitários é pouco explorado no Brasil, a própria instalação desses aterros ainda ocorre em poucos municípios, sendo que na maioria dos casos o resíduo é destinado a lixões a céu aberto ou para aterros que não estão de acordo com os parâmetros técnicos estabelecidos pela NBR 13.896 de 1997, que trata dos parâmetros de construção dos aterros sanitários para resíduos não perigosos.

O gás metano é uma importante fonte de energia e também um gás de efeito estufa com potencial de aquecimento cerca de 20 vezes maior que o dióxido de carbono e responsável por 25% do aquecimento global. Uma das fontes emissoras deste gás são os aterros e lixões (PECORA, 2006).

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.

Dessa forma os aterros sanitários, além de uma alternativa adequada de destinação dos resíduos sólidos, também podem se tornar uma potencial fonte de energia, devido ao metano presente no biogás, que é liberado pela decomposição anaeróbica da parte orgânica presente nos resíduos, um gás de elevado potencial energético. Diversos estudos têm sido desenvolvidos para o aproveitamento energético do biogás, principalmente nos aterros de maior porte (ENSINAS 2003)

A geração de biogás em um aterro sanitário ainda em fase de projeto pode ser estimada por meio de equações empíricas, e que muitas vezes demandam tempo do projetista, devido a grande quantidade de variáveis envolvidas no cálculo. Assim, a utilização de modelos de simulação matemática dos processos que ocorrem em um aterro sanitário constitui uma ferramenta efetiva para o entendimento e gestão do sistema, que pode auxiliar no planejamento estratégico do empreendimento.

Uma dessas ferramentas é a chamada programação em algoritmos, que pode ser conceituada como uma sequência finita de passos (instruções) para resolver um determinado problema. Sempre que desenvolvemos um algoritmo, estamos estabelecendo um padrão de comportamento que deverá ser seguido (uma norma de execução de ações) para alcançar o resultado de um problema.

Neste trabalho foi desenvolvido um algoritmo na plataforma *Excel – Microsoft Office*, em linguagem *VBA*, para o cálculo da estimativa de metano e biogás mostrando seu potencial energético em projetos de aterros sanitários.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para realizar o estudo, estimou-se a vazão de biogás e equivalência energética para um futuro aterro sanitário em ótimas condições de operação, que receba 100% dos resíduos Classe II A, do município de Cuiabá-MT. Para tanto, foi considerado um aterro sanitário com vida útil de 20 anos, e que começa a receber os resíduos no ano de 2015, assim, estimou-se a vazão de metano e biogás no período de 2016 a 2035 pelo método do inventário, desenvolvido pelo IPCC (1996), e pelo método de Projeto, desenvolvido pela USEPA (1997), por meio de um algoritmo, facilitando os cálculos do mesmo.

Método do inventário IPCC (1996)

Mesmo sendo um método de fácil aplicação para cálculo de emissão de metano, demanda tempo para se calcular manualmente, principalmente quando se deseja calcular a emissão anual durante os 20 anos de vida útil do aterro. Esse método envolve a estimativa da quantidade de carbono orgânico degradável presente no lixo, calculando assim a quantidade de metano que pode ser gerada por determinada quantidade de resíduo depositado, considerando diferentes categorias de resíduos sólidos domésticos. São necessários dados estatísticos sobre a população e sobre os resíduos.

A equação utilizada pelo método é a seguinte:

$$CH_4 = (PopUrb \times Taxa \text{ RSU} \times RSDf \times L_0 - R) \times (1 - OX) \quad (1)$$

Sendo que:

CH₄: quantidade de gás metano emitido em toneladas de CH₄/ano;

PopUrb: número de habitantes residentes na área urbana;

Taxa RSU: quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados por ano, dado em toneladas de RSU/habitante x ano;

RSDf: fração dos resíduos que é coletada e depositada no aterro sanitário;

L₀: potencial de geração de metano dos resíduos em toneladas de CH₄/toneladas de resíduo;

R: metano que é captado e aproveitado em toneladas de CH₄/ano;
OX: fator de oxidação do metano na superfície do aterro sanitário.

O fator de oxidação do metano (OX) representa a quantidade de metano que é oxidada, seja na camada de resíduos ou na superfície do aterro (GRACINO, 2010). De acordo com o IPCC (1996), esse fator ainda vem sendo estudado e enquanto novos dados não são apresentados utiliza-se o valor de OX como sendo zero.

O potencial de geração de metano dos resíduos (L₀) é um dado de muita importância, além de ser utilizado na própria metodologia desenvolvida pelo IPCC, também pode ser utilizado em outras metodologias e até mesmo em softwares desenvolvidos para estimativa de metano gerado em aterros sanitários (NECKER, 2013). O L₀ é calculado por meio da seguinte fórmula:

$$L_0 = FCM \times COD \times CODf \times F \times (4/3) \quad (2)$$

Sendo:

FCM: fator de correção de metano;

COD: carbono orgânico degradável, dado em ton. de C/ton. de resíduo;

CODf: fração de COD dissociada;

F: fração do metano presente no biogás em volume;

(4/3): fator de conversão do carbono em metano, dado em ton. de CH₄/ton. de C.

O fator de correção do metano (FCM) varia de acordo com a qualidade da compactação dos resíduos, pois considera que a maneira como os resíduos são depositados influencia na geração de metano do aterro sanitário. O FCM pode ser de: 0,4 para lugares de deposição inadequados e com profundidades de lixo menores que 5 metros; de 0,8 para lugares de deposição inadequados, porém com profundidades de lixo maiores que 5 metros; e 1 para locais adequados, com deposição controlada de lixo, material de cobertura, compactação mecânica e nivelamento do terreno.

O valor de F, que representa a fração de metano que está presente no biogás pode variar, nos aterros sanitários o percentual de metano em sua composição varia de 35 a 65 % (NECKER, 2013).

Outra variável de extrema importância é a quantidade de carbono degradável presente nos resíduos (COD), que leva em conta a composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos é a quantidade de carbono presente em cada componente do lixo, o que pode ter grandes variações de um local para outro.

O COD é calculado da seguinte forma:

$$COD = (0,4 \times A) + (0,17 \times B) + (0,15 \times C) + (0,4 \times D) + (0,3 \times E) \quad (3)$$

Sendo:

A: fração de papel e papelão dos resíduos;

B: fração de detritos de parques e jardins dos resíduos;

C: fração de restos de alimentos dos resíduos;

D: fração de tecidos dos resíduos;

E: fração de madeira dos resíduos.

Há ainda a fração dissociada de carbono orgânico degradável (CODf), que é a fração de carbono disponível para a decomposição bioquímica e varia em função da temperatura na zona anaeróbia do aterro sanitário. Assume-se que a temperatura na zona anaeróbia de um local de disposição de resíduos sólidos (LDRS) permanece constante por volta dos 35°C não obstante da temperatura ambiente (BIRGEMER E CRUTZEN, apud NICKER 2013). Sendo calculada pela seguinte fórmula:

$$CODf = 0,014T + 0,28 \quad (4)$$

Onde:

T: temperatura na zona anaeróbia

Criação do Programa Biometa.

Para a criação do algoritmo, utilizou-se o método de projeto, por ser mais preciso e também o utilizado pelo Ministério do Meio Ambiente no Brasil, sendo este programado na plataforma Microsoft Office Excel, em linguagem VBA.

A CETESB/SMA (2003) explica que esse método é dividido em duas etapas, uma enquanto o aterro ainda está em operação e outra que é após o seu fechamento, portanto existem duas equações a ser utilizadas:

Durante a vida útil do aterro:

$$QCH4 = F \times R \times L0 \times (1 - e^{(-kt)}) \quad (5)$$

Após o fechamento do aterro:

$$QCH4 = F \times R \times L0 \times (e^{(-kc)} - e^{(-kt)}) \quad (6)$$

Sendo que:

Q: metano gerado em m³/ano;

F: fração de metano presente no biogás;

R: quantidade média de resíduos que serão depositados em kg RSU/ano;

L0: potencial de geração de biogás em m³ de biogás/t resíduo;

k: constante de decaimento;

c: tempo decorrido em anos desde que o aterro foi fechado;

t: tempo decorrido em anos desde que o aterro foi aberto.

A constante de decaimento (k), varia em função da disponibilidade de nutrientes, pH, temperatura e principalmente umidade e precipitação pluviométrica da região, estes valores variam de 0,01 /ano a 0,09 /ano segundo a Tabela abaixo.

Tabela 1 - Valores sugeridos para a constante de decaimento (k).

Valores para k (/ano)			
Precipitação Anual	Relativamente Inerte	Decomposição Moderada	Decomposição Alta
Até 250 mm	0,01	0,02	0,03
De 250 a 500 mm	0,01	0,03	0,05
De 500 a 1.000 mm	0,02	0,05	0,08
Maior que 1.000 mm	0,02	0,06	0,09

Fonte: Banco Mundial, 2003.

Nota-se que nesse método é utilizado o potencial de geração de metano dos resíduos (L0), que é estimado da mesma maneira como foi apresentado na Equação do Inventário.

Após a determinação do método a ser utilizado na elaboração do programa, foi criado o Programa Biometa.

O programa estima a quantidade de biogás gerado nos aterros sanitários por meio de dados inseridos pelo usuário.

A simulação tem início na parte das características do aterro, onde é preciso inserir dados básicos, como o nome do aterro sanitário, o estado e o município onde este se encontra, porém, estes são dados que não influenciam no cálculo da estimativa de biogás gerado, servindo apenas como informações complementares. Para que a simulação possa ser feita, é necessário pelo menos a inserção do nome do aterro sanitário e o município onde se localiza.

Feito isso o usuário pode iniciar a simulação no programa, em que as informações utilizadas nas estimativas são:

A população do município, ou dos municípios que irão dispor seus resíduos no aterro estudado;

A taxa de crescimento populacional médio;

A produção per capita dos resíduos;

A taxa de crescimento per capita do lixo

A precipitação média anual, que juntamente com a quantidade de matéria orgânica presente no resíduo, gerará a constante de decaimento (k);

A composição gravimétrica dos resíduos (%);

A vida útil do aterro.

A porcentagem de metano contida no Biogás

Inserido os dados, o programa apresentará um gráfico e uma tabela com a vazão de metano e biogás ao longo dos 20 anos de funcionamento e ao longo de 20 anos após o fechamento, e uma tabela contendo a potência (kW) energética estimada que poderá ser gerada com o biogás proveniente do aterro sanitário.

Como já citado, o Programa Biometa faz o estudo para um aterro em perfeitas condições de funcionamento e operação, considerando que 100% dos resíduos gerados no município são coletados e dispostos no aterro.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Método do Inventário IPCC (1996).

Cálculo do carbono degradável (COD):

Para o cálculo do carbono degradável dos resíduos, foram utilizados dados de composição gravimétrica dos RSU de Cuiabá-MT contidos na tabela 2.

Tabela 2 - Composição Gravimétrica dos RSU de Cuiabá-MT

<i>Material</i>	<i>Peso (Kg)</i>	<i>% em Peso</i>
Papel/papelão	7,93	17,17
Plástico Duro	1,33	2,87
Plástico Mole	5,35	11,59
Madeira	0,45	0,98
Couro	0,4	0,87
Pano e Estopa	2,28	4,93
Folha, Mato e Galha	1,75	3,79
Matéria Orgânica	22,73	49,24
Material Ferroso	0,75	1,63
Material Não Ferroso	1,3	2,82
Vidro	1,6	3,47
Outros	0,3	0,65
TOTAL	46,15	100

Fonte: (LATORRACA, 2007)

Portanto, o carbono degradável foi calculado conforme a equação já apresentada:

$$\text{COD} = (0,4 \times 0,1717) + (0,17 \times 0,0329) + (0,15 \times 0,4924) + (0,4 \times 0,0493) + (0,3 \times 0,0098)$$

$$\text{COD} = 0,170793 \text{ (ton.de C)/(ton.de RS)}$$

Cálculo do carbono degradável dissociada (CODf):

Para o cálculo da fração do carbono degradável dissociada, foi considerada a temperatura como sendo 35°C, já que se assume que a temperatura na zona anaeróbia de um local de disposição de resíduos sólidos permanece por volta dos 35°C (NECKER, 2013). Portanto, devido ao aterro sanitário estar apenas em fase de projeto e não ser possível a medição da temperatura na zona anaeróbia foi considerado no cálculo essa temperatura.

$$\text{CODf} = (0,014 \times 35) + 0,28$$

$$\text{CODf} = 0,77$$

Cálculo do potencial de geração de metano dos resíduos (L0):

No cálculo do potencial de geração de metano dos resíduos, importantes considerações foram feitas. O fator de correção de metano (FCM) foi adotado como 1, já que se trata de um aterro sanitário perfeitamente bem manejado.

O valor de F, que representa a fração de metano que está presente no biogás pode variar, foi considerado como 50%, um valor médio entre os definidos por Persson et al. (2006) apud Necker (2013). Assim o valor encontrado por meio da equação do potencial de geração de metano dos resíduos foi de:

$$L_0 = 1 \times 0,170793 \times 0,77 \times 0,5 \times (4/3)$$

$$L_0 = 0,087674 \text{ (ton.de metano)/(ton.de RS)}$$

Cálculo da vazão de metano gerada:

Para calcular as quantidades de metano geradas a cada ano, a população considerada em 2015 foi de 582470 habitantes e o crescimento populacional no município de Cuiabá-MT de 1,24% ao ano, segundo o Censo do IBGE, 2010. Também foi considerado que o aterro comece a receber resíduos no ano de 2015 e seja fechado no ano de 2035, totalizando um tempo de vida de 20 anos. A taxa de geração de resíduos sólidos usada no cálculo foi de 0,74 kg/hab./dia (LATORRACA, 2007).

Como o próprio autor cita essa taxa pode variar em épocas festivas, sendo necessário também se atentar ao crescimento demográfico e econômico da cidade, pois estes fatores influenciam diretamente na quantidade de resíduos da cidade. Para a taxa de crescimento da produção per capita foi adotado 0,4% ao ano.

É levado em conta que 100% dos resíduos gerados são coletados e dispostos corretamente. O valor de R é considerado como sendo zero, pois ele representa a quantidade de metano que é captada no aterro e o e o valor de oxidação do metano (OX) foi considerado como sendo 0,1 já que Miller et al. (2009) utilizaram em seus trabalhos o fator de oxidação como sendo 0,1 para aterros bem manejados. Sendo assim, pelo Método do Inventário para os anos de 2016 e 2035 a quantidade de metano gerada no aterro sanitário seria de:

$$CH_4 = (\text{PopUrb} \times \text{Taxa RSU} \times \text{RSDf} \times L_0 - R) \times (1 - \text{OX})$$

$$CH_4 (2016) = 17051618,45 \text{ m}^3/\text{ano}$$

$$CH_4 (2035) = 23.248.596 \text{ m}^3/\text{ano}$$

Programa Biometa: Estimativa de geração de Biogás e equivalência energética

Para a criação do algoritmo, utilizou-se como princípio o método de projeto, uma metodologia desenvolvida pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos que é recomendada para aterros sanitários que ainda não estão em funcionamento, se encontrando apenas em fase de projeto.

Com base de cálculos o método de projeto (USEPA, 2007), foi considerado que o futuro aterro sanitário da cidade de Cuiabá começará a receber os resíduos em 2015 e será fechado em 2035, totalizando 20 anos de vida útil.

Os dados de entrada utilizados no programa Biometa para a estimativa da geração de metano e equivalência energética em Cuiabá foram:

População no ano de abertura (2015): 582470 habitantes (Estimado com base na taxa de crescimento fornecida pelo IBGE, 2010).

Taxa de crescimento populacional: 1,24% ao ano (IBGE, 2010).

Per capita de RS: 0,74 kg/hab./dia (LATORRACA, 2007).

Taxa de crescimento per capita: 0,4%

Precipitação média anual (mm): 1250 mm (LATORRACA, 2007).

A fração de metano presente no volume do biogás foi adotada assim como anteriormente em 50%;

A composição gravimétrica de Cuiabá, conforme apresentada na tabela 8.

% de Matéria orgânica - 49,24%

% de resíduos de papel e papelão - 17,17%

% Resíduos de jardinagem - 3,79%

% resíduos de tecidos - 4,93%

% de madeira - 0,98%



Figura 1 - Menu Inicial do Programa

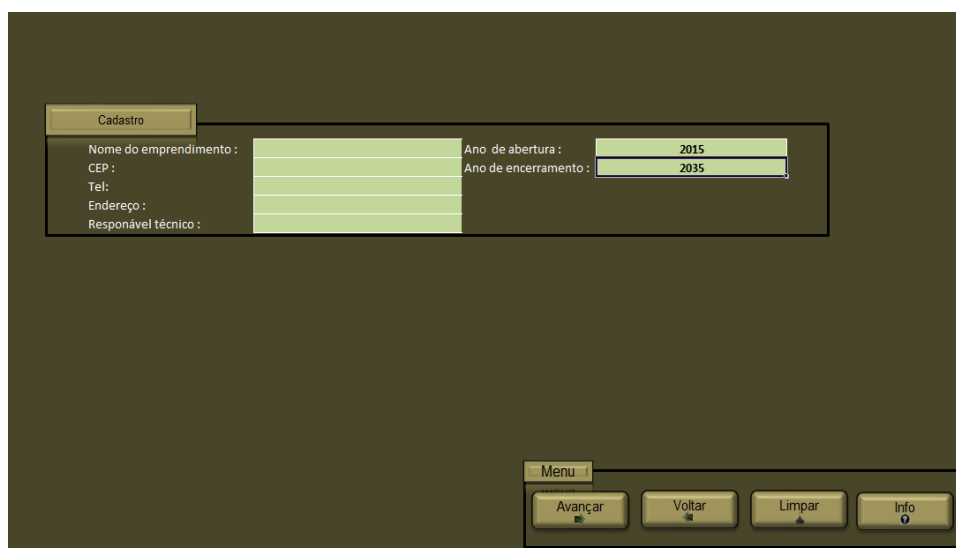


Figura 22 - Dados Iniciais



Figura 3 - Dados de entrada

Dados de entrada	
Precipitação anual (mm)	1250
% de matéria orgânica	49,24
Percentual de metano no biogás (%)	50
% Resíduos de papel - a	17,17
% Resíduos de poda - b	3,79
% Resíduos de alimentos - c	49,24
% Resíduos de tecido - d	4,93
% Madeira - e	0,98

Menu

Confirmar Voltar Limpar Info

Figura 4 – Continuação Dados de entrada

O algoritmo foi programado para calcular automaticamente a população em cada ano e a taxa de geração de resíduos por habitante/ano, durante os 20 anos de vida útil, que no caso de Cuiabá foi o período de 2016 a 2035, a fim de se obter a quantidade de resíduos sólidos dispostos em cada ano (R). Com os dados de entrada, o mesmo também calcula o potencial de geração do biogás L_0 e a constante de decaimento K . Ao final, o algoritmo gera como resultado uma tabela contendo as vazões de metano em m^3 /ano e a potência que pode ser gerada por este biogás, caso haja um sistema de conversão do biogás em energia.

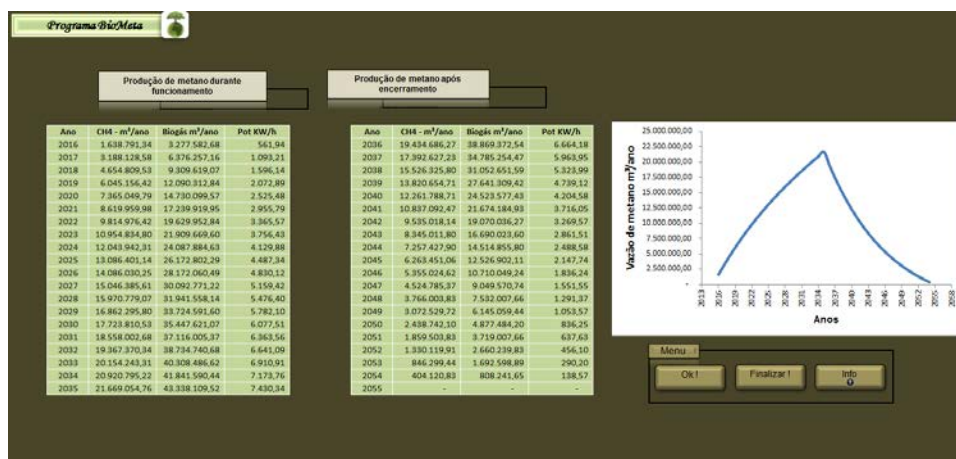


Figura 5 - Resultados do Programa

Tabela 3 - Geração de metano e potencial energético para um futuro aterro sanitário em Cuiabá – MT

Ano	CH4 - m³/ano	Pot KW/h	Ano	CH4 - m³/ano	Pot KW/h
2016	1.638.791,34	561,94	2036	19.434.686,27	6.664,18
2017	3.188.128,58	1.093,21	2037	17.392.627,23	5.963,95
2018	4.654.809,53	1.596,14	2038	15.526.325,80	5.323,99
2019	6.045.156,42	2.072,89	2039	13.820.654,71	4.739,12
2020	7.365.049,79	2.525,48	2040	12.261.788,71	4.204,58
2021	8.619.959,98	2.955,79	2041	10.837.092,47	3.716,05
2022	9.814.976,42	3.365,57	2042	9.535.018,14	3.269,57
2023	10.954.834,80	3.756,43	2043	8.345.011,80	2.861,51
2024	12.043.942,31	4.129,88	2044	7.257.427,90	2.488,58
2025	13.086.401,14	4.487,34	2045	6.263.451,06	2.147,74
2026	14.086.030,25	4.830,12	2046	5.355.024,62	1.836,24
2027	15.046.385,61	5.159,42	2047	4.524.785,37	1.551,55
2028	15.970.779,07	5.476,40	2048	3.766.003,83	1.291,37
2029	16.862.295,80	5.782,10	2049	3.072.529,72	1.053,57
2030	17.723.810,53	6.077,51	2050	2.438.742,10	836,25
2031	18.558.002,68	6.363,56	2051	1.859.503,83	637,63
2032	19.367.370,34	6.641,09	2052	1.330.119,91	456,10
2033	20.154.243,31	6.910,91	2053	846.299,44	290,20
2034	20.920.795,22	7.173,76	2054	404.120,83	138,57
2035	21.669.054,76	7.430,34	2055	-	-

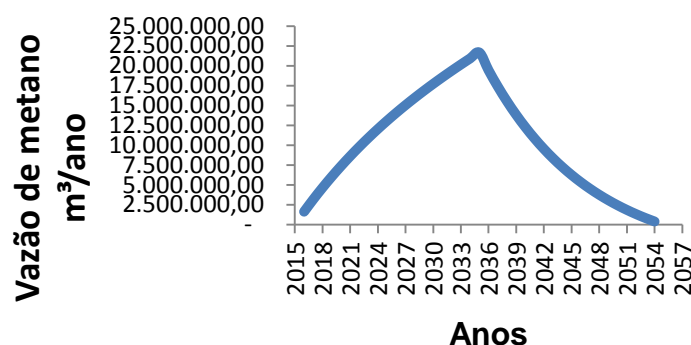


Figura 6 - Gráfico com as estimativas de emissão de metano para os anos de 2016 a 2055 para um futuro aterro sanitário em Cuiabá-MT.

Como é possível observar, o pico de geração de metano ocorre próximo ao seu fechamento, no ano de 2035, com uma emissão de 21.669.054,76 m³. As emissões aumentam com o acúmulo e com o tempo de maturação dos resíduos, sendo que depois de atingir o pico no ano do fechamento do aterro sanitário, as emissões vão diminuindo gradativamente, porém continuam ocorrendo por um longo período.

Para estimar a equivalência energética a partir do Biogás, o algoritmo calcula a potência que pode ser obtida pelo biogás, utilizando os seguintes parâmetros:

PCI – poder calorífico do Biogás: 4613 kcal/m³ (para 50% de metano no biogás, segundo NECKER (2013).

N – eficiência do motor: considerou-se 28% de eficiência

Q biogás/h: O algoritmo calculou a vazão do biogás a partir da vazão de metano, também calculada por ele.

Em Cuiabá, no ano de 2016, a produção de biogás pode gerar uma potência mensal de 404596,8 kW. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2011), o consumo médio de energia de uma residência no Brasil foi

154 kW por mês no ano de 2010, sendo assim, o aterro de Cuiabá no ano inicial de produção pode abastecer cerca de 2627 residência e no ano de maior vazão de metano, poderá abastecer 34739 residências.

Tabela 4 – Quantidade de residências que podem ser abastecidas

Ano	Pot kW/mês	nº de residências	Ano	Pot kW/mês	nº de residências
2016	404.599,26	2627	2036	4.798.206,72	31157
2017	787.113,30	5111	2037	4.294.045,18	27883
2018	1.149.220,42	7462	2038	3.833.276,23	24891
2019	1.492.481,52	9691	2039	3.412.165,11	22157
2020	1.818.348,44	11807	2040	3.027.298,52	19658
2021	2.128.171,73	13819	2041	2.675.556,95	17374
2022	2.423.207,93	15735	2042	2.354.089,36	15286
2023	2.704.626,22	17563	2043	2.060.290,10	13379
2024	2.973.514,68	19309	2044	1.791.777,80	11635
2025	3.230.886,11	20980	2045	1.546.376,03	10041
2026	3.477.683,36	22582	2046	1.322.095,70	8585
2027	3.714.784,36	24122	2047	1.117.118,91	7254
2028	3.943.006,77	25604	2048	929.784,23	6038
2029	4.163.112,28	27033	2049	758.573,23	4926
2030	4.375.810,63	28414	2050	602.098,15	3910
2031	4.581.763,35	29752	2051	459.090,70	2981
2032	4.781.587,17	31049	2052	328.391,73	2132
2033	4.975.857,31	32311	2053	208.941,87	1357
2034	5.165.110,40	33540	2054	99.772,91	648
2035	5.349.847,32	34739			

Sabe-se que o consumo mensal em kW de energia depende de vários fatores como classe social. O objetivo este cálculo é apenas para observar a capacidade energética que um aterro bem operado, com 75% de captação do biogás possui.

Outra forma de aproveitamento é energia gerada poderá ser utilizada pelo próprio aterro e a energia excedente, vendida.

Tabela 5 – Comparação entre os métodos utilizados

Método Utilizado	Ano	Qtd de CH ₄ /ano	Qtd de Biogás/ano
Método de inventário	2035	23248596,65 (m ³ /ano)	46477193,3 (m ³ /ano)
Programa Biogás	2035	21669054,75 (m ³ /ano)	43338109,5 (m ³ /ano)

Como foi considerado que 50% do biogás é composto por metano, então o biogás gerado em cada ano é estimado fazendo-se o dobro da quantidade de metano no mesmo ano.

Observa-se que as quantidades de metano e biogás estimadas pelo método do inventário e o programa Biometa no ano de 2035 foram próximas, porém, o método do inventário não considera que o aterro sanitário passa pelas fases apresentadas por Tchobanoglous et al. (1993), onde a quantidade de metano gerado varia de acordo com o tempo de deposição dos resíduos no aterro, por isso, o mesmo apresenta altas quantidades de geração de metano desde o início do aterro, o que não ocorre na realidade.

Os valores apresentados pelo programa Biometa traduzem melhor a situação real que acontece nos aterros sanitários, considerando as fases de maturação dos resíduos, o acúmulo dos resíduos no aterro, o índice de geração ou taxa de decaimento do metano e que após o seu fechamento as emissões de metano ainda continuam por longos períodos.

CONCLUSÕES

Durante os testes de viabilidade do Programa Biometa, os resultados obtidos foram comparados com outras metodologias de cálculos de estimativa de biogás, e após esta etapa, observou-se a otimização de tempo e precisão dos resultados fornecidos pelo algoritmo em relação aos outros métodos, mostrando o seu bom desempenho.

O método do Inventário apresentado pelo IPCC é um modelo mais simples de estimativa, considerando basicamente a composição, a quantidade dos resíduos sólidos depositados e a temperatura na zona anaeróbia do aterro sanitário, apresentando assim valores menos condizentes com os que ocorrem de fato, principalmente nos primeiros anos de funcionamento do aterro. O Programa Biometeta considera em suas estimativas, além dos fatores considerados pelo IPCC, a idade do aterro sanitário, as fases de formação de biogás do aterro e índices de precipitação pluviométricas da região, o que traduz de maneira mais realista o comportamento dos aterros sanitários ao longo dos anos.

A estimativa realizada para o aterro sanitário que será construído serve como um estudo inicial do potencial do município quanto ao aproveitamento do biogás, e o Programa Biometeta atua como uma ferramenta facilitadora para o cálculo tanto da estimativa do biogás quanto do potencial energético.

Com o estudo realizado viu-se que há um grande potencial energético em um futuro aterro em Cuiabá-MT, cerca de 7.430 KW/h, com uma produção de metano estimada em 21 milhões de m³, no seu último ano de vida útil (2035). É necessário um estudo técnico voltado aos custos de instalação e operação necessários para a exploração desse potencial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BANCO MUNDIAL. Manual para a Preparação de Gás de Aterro Sanitário para Projetos de Energia na América Latina e Caribe, 2003. Disponível em: <http://www.bancomundial.org.ar/lfg/gas_access_po.htm> Acesso em 3 de agosto, 2014.
2. BORBA, S. M. P. Análise de Modelos de Geração de Gases em Aterros Sanitários: Estudo de Caso. Tese M. Sc. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 2006
3. ENSINAS, A. V. Estudo da geração de biogás no aterro sanitário Delta em Campinas SP. Campinas, SP: UNICAMP, 2003
4. EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional, 2012. Rio de Janeiro: EPE, 2012.
5. IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, Guidelines for Greenhouse Gas inventory: reference Manual, revised – Chapter 6 – Waste, 1996.
6. LATORRACA, T. J. F. Avaliação de desempenho de sistemas de contenção de lixiviado e de drenagem por meio de dados de monitoramento de aterro sanitário. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Ouro preto. Ouro Preto – MG, 2007.
7. MACIEL, F. J. Estudo da Geração, Percolação e Emissão de Gases no Aterro de Resíduos Sólidos da Muribeca/Pe. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil, 2003.
8. NECKER, H. S. Estimativa Teórica da Geração de Biogás de Aterro Sanitário que será construído no Município de Ji-Paraná – RO. Universidade Federal de Rondônia. Ji-Paraná, Rondônia, 2013.
9. TCHOBANOGLOUES, G.; THEISEN, H.; VINIL, S. Integrated Solid Waste Management. Engineering principles and management issues. Irwin MacGraw – Hill. 1993. 978p.
10. USEPA, 2007. Opportunities for and Benefits of Combined Heat and Power at Wastewater Treatment Facilities. Disponível em: <www.epa.gov/CHP/markets/wastewater.html> Acesso em 02 de agosto de 2014.