



Theoretical estimate of biogas generation from the future landfill of the micro region of chapadas do alto Itapecuru - MA

Estimativa teórica de geração de biogás do futuro aterro sanitário da microrregião das chapadas do alto Itapecuru - MA

SILVA, Maria Clara Oliveira da¹; COSTA, Tiago Sandes²;
SILVA JÚNIOR, Francisco Pereira da³

(1) ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4752-5483>, graduada em Física pelo Instituto Federal do Maranhão. BRAZIL, E-mail: mariaclaraoliveirasilva24@gmail.com.

(2) ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1772-7225>, Doutorando em Geografia – Tratamento da Informação Espacial, Bolsista CAPES, PUC Minas. Docente do IFMA, Campus São João dos Patos. BRAZIL, E-mail: tiago.costa@ifma.edu.br.

(3) ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6944-2681>, Docente do IFMA, Campus São João dos Patos. BRAZIL, E-mail: francisco.silvajunior@ifma.edu.br.

O conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos/as seus/as autores/as.

ABSTRACT

Alternative energy sources are the main inducer of the world energy matrix based mainly on biofuels from Biomass. Biogas has in its composition carbon dioxide (CO₂) and methane gas (CH₄). Resulting from the decomposition of organic matter, the study to be developed aims to evaluate the feasibility of using biodigesters for the energy use of biogas produced by the decomposition of organic matter from municipal solid waste, which contains a significant portion of biodegradable organic matter that goes through an anaerobic digestion process transforming garbage into clean energy. The study will be developed using as parameters the generation of waste in the municipalities that make up the Middle Sertão Maranhense having as methodological procedure, the application of the IPCC method. This method is generally applied to design landfill scenarios that are not yet operating. The present work seeks to contribute to scenarios in the face of discussions about the need to invest in alternative energies that minimize the current stage of greenhouse gas emissions, as well as to show the energy potential that this gas has and the possibility of transforming methane into useful energy, making biogas a profitable gas and mitigating the pollution problem. In total, the methane generated at the landfill in the 20-year period was 3,514,372.58 m³ CH₄, generating an average of 175,718.62 m³ CH₄/year. The data presented reveal themselves as a conditioning factor in the mitigation of environmental impacts and in the reduction of carbon dioxide in the atmosphere.

RESUMO

As fontes alternativas de energia apresentam-se como principal indutor da matriz energética mundial tendo como base principal os biocombustíveis provenientes da Biomassa. O biogás tem em sua composição o dióxido de carbono (CO₂) e o gás metano (CH₄). Resultante da decomposição da matéria orgânica, o estudo a ser desenvolvido visa avaliar a viabilidade da utilização de biodigestores para o aproveitamento energético do biogás produzido pela decomposição da matéria orgânica dos resíduos sólidos urbanos, os quais contêm significativa parcela de matéria orgânica biodegradável que passam por um processo de digestão anaeróbica transformando lixo em energia limpa. O estudo será desenvolvido tendo como parâmetros a geração de resíduos nos municípios que compõe o Médio Sertão Maranhense tendo como procedimento metodológico, a aplicação do método do IPCC. Método esse, geralmente aplicado para projetar cenários de aterros que ainda não estão operando. O presente trabalho busca contribuir com cenários frente as discussões sobre a necessidade de se investir em energias alternativas que minimizem o estágio atual de emissões de gases estufa, bem como, mostrar o potencial energético que esse gás possui e a possibilidade de transformação do metano em energia útil, tornando o biogás um gás lucrativo e mitigando o problema da poluição. Em sua totalidade o metano gerado no aterro no período de 20 anos foi de 3.514.372,58 m³ CH₄, gerando em média 175.718,62 m³ CH₄/ano. Os dados apresentados revelam-se como um fator condicionante a mitigação dos impactos ambientais e na redução de dióxido de carbono na atmosfera.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Histórico do Artigo:

Submetido: 21/05/2021

Aprovado: 12/11/2021

Publicação: 01/07/2022



Keywords:

Maranhão. Resíduo.
Alternative Energy

Palavras-Chave:

Maranhão. Resíduo.
Energia Alternativa

INTRODUÇÃO

A geração e a destinação final dos resíduos sólidos são temas bastante discutidos em todo o mundo. Devido ao grande aumento populacional, torna-se necessária implementação de medidas que visam tratar os resíduos como meio de reduzir danos ambientais.

No Brasil, grande parte dos resíduos sólidos urbanos é descartada sem nenhuma forma de tratamento. Despejos clandestinos estão presentes na maioria dos municípios e os aterros verdadeiramente sanitários são poucos. Além dos diversos impactos ambientais locais e sobre a saúde e a qualidade de vida dos cidadãos, os resíduos sólidos urbanos sem disposição adequada consistem em uma fonte significativa das emissões de metano (CH₄) (ICLEI, 2009, p.7).

Em 2010, a Lei 12.305 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que reúne princípios, metas e ações tendo em vista o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos urbanos. Esses resíduos são gerados a partir de atividades domésticas, industriais, comerciais e agrícolas. A Lei tem como objetivo proteger a saúde pública e a qualidade ambiental, reduzir a geração, reutilizar, reciclar, bem como dispor de forma ambientalmente adequada para os resíduos sólidos gerados. Estimula a criação de normas sustentáveis de utilização de bens e serviços e a admissão de tecnologias como forma de reduzir os impactos ambientais (BRASIL, 2010). Cerca de 54% dos municípios brasileiros descartam os resíduos sólidos em aterros sanitários.

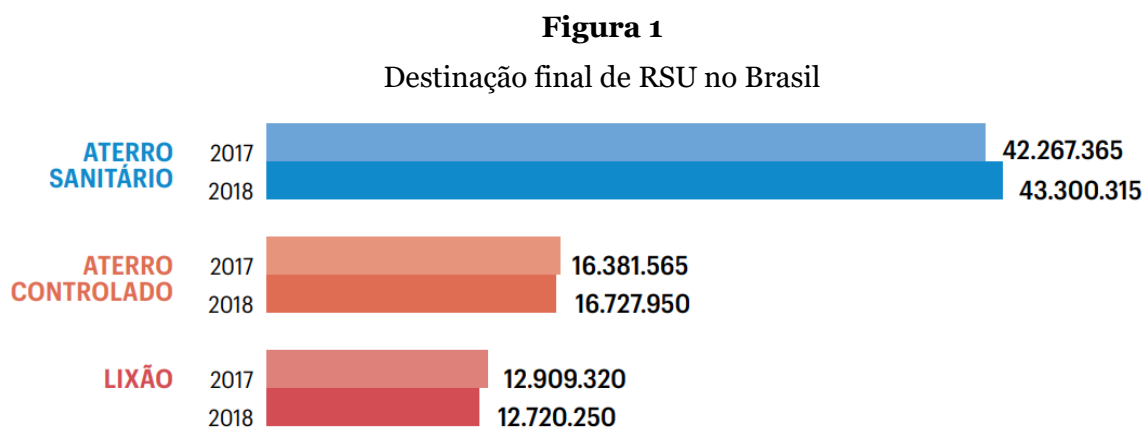
O presente trabalho tem como objetivo estimar a geração de biogás do aterro sanitário a ser implantado por meio do consórcio da mesorregião do leste maranhense, mais especificamente em municípios que compõem a microrregião do Alto Itapecuru; caracterizar a área de destinação dos resíduos sólidos urbanos; analisar a mitigação dos impactos causados pelo descarte inadequado dos resíduos; levantar e classificar dados sobre o quantitativo de resíduos gerados, apontar e avaliar a projeção de gás metano emitido em 20 anos.

REFERENCIAL TEÓRICO

Por ser um gás altamente combustível, o biogás necessita ser continuamente drenado para evitar explosões no interior do aterro sanitário. No Brasil, a maioria dos aterros utiliza o sistema de drenos abertos, onde é mantida acesa uma chama para promover a queima imediata do biogás que continuamente é drenado. Esse sistema apresenta uma baixa eficiência e estima-se que apenas 20% do biogás drenado seja efetivamente destruído pela queima. O restante é simplesmente emitido para a atmosfera (ICLEI, 2009, p. 21).

Segundo a ABRELPE (2018) foram gerados no Brasil 79 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), sendo coletado 92%. Da disposição final de resíduos sólidos por tipo de destinação, 59,5% foram encaminhados para aterros sanitários. Porém, grande

parte está sendo destinada para locais inadequados como lixões e aterros controlados, onde o percentual é de 23% e 17,5% respectivamente. Ainda de acordo com a ABRELPE (2018), os municípios nordestinos geraram 53.975 toneladas de resíduos, das quais 81,1% foram coletadas. Desse valor mais de 28 mil toneladas são destinadas a locais que podem causar poluição e danos à saúde da população. A figura 1 mostra a destinação final dos resíduos sólidos no Brasil nos anos de 2017 e 2018.



Fonte: ABRELPE (2018; 2019)

Os aterros sanitários são responsáveis por cerca de 20% do metano que é liberado por locais originados da atividade humana. O metano é produzido nos aterros para resíduos sólidos a partir da decomposição bacteriana dos resíduos orgânicos sob condições anaeróbicas (ZANETTE, 2009).

O biogás, por sua vez, traz impactos positivos ao meio ambiente, com destaque para a mitigação de emissão de carbono da atmosfera, resultando em um balanço neutro do carbono durante o processo de produção de energia elétrica, o que contribui para a redução do efeito estufa. Isso ocorre porque todo gás carbônico produzido durante este processo é absorvido pelas plantas, que serão utilizadas novamente no processo, mantendo a concentração do gás carbônico atmosférico inalterável (BRANCO, 2010).

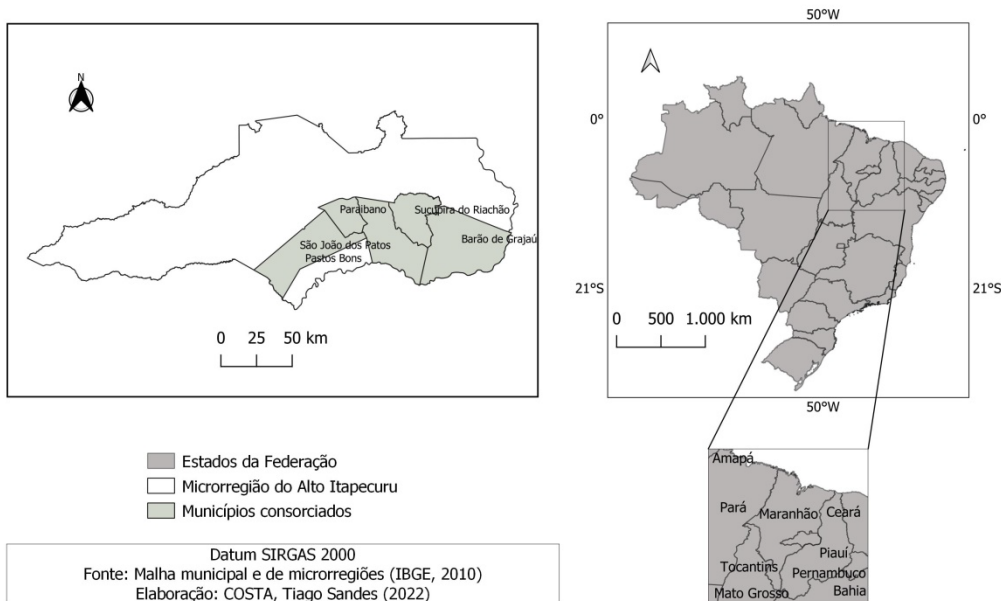
Procedimento metodológico

O aterro sanitário das Chapadas do Alto Itapecuru abrange as cidades de São João dos Patos, Pastos Bons, Paraibano, Sucupira do Riachão e Barão de Grajaú (Figura 2).

Figura 2

Área de estudo

Microrregião do Alto Itapecuru Municípios consorciados Maranhão - MA



Fonte: Autores, 2022.

De acordo com o IBGE (2019) os municípios juntos somam 91.267 habitantes. Ainda segundo IBGE, a Região das Chapadas do Auto Itapecuru apresenta uma precipitação média de 1.200 mm.a e uma temperatura media anual de 26,5 °C.

Existem vários modelos para determinar a produção de biogás em aterros sanitários e a energia gerada pela combustão do metano, que geralmente utilizam equações matemáticas, devendo-se tomar o cuidado de considerar certos critérios antes de empregar os programas, para se chegar a resultados confiáveis. Tais resultados servem para avaliar tanto o potencial de emissões de GEE (gases de efeito estufa) como a viabilidade de projetos de aproveitamento do biogás (SILVA, 2012).

O método usado na pesquisa foi desenvolvido pelo IPCC 1996, um método simples que utiliza dados estatísticos da população e características dos resíduos sólidos urbanos. A equação utilizada por este método é a seguinte:

$$E_{CH_4} = K \times Rx \times L_0 \times e^{-k(X-T)} \quad (1)$$

Onde

E_{CH_4} = Emissão de Metano (Kg CH_4 /ano);

K = Constante de decaimento;

Rx = Fluxo de resíduos do ano (tonRSD);

L_0 = Potencial de geração de metano(m^3 biogás/tonRSU);

X = ano atual;

T = Ano de deposição do resíduo no aterro (início da operação).

Um fator de extrema importância utilizado pelo IPCC, para estimar a emissão de metano é a potência (L_0), calculada com a seguinte fórmula:

$$L_0 = FCM \times COD \times CODf \times F \times \frac{16}{12} \quad (2)$$

Sendo:

L_0 = o potencial de geração de metano dos resíduos em toneladas de CH_4 /tonelada de resíduo;

FCM = fator de correção de metano;

COD = carbono orgânico degradável, dado em tonelada;

$CODf$ = fração de COD dissociada;

F = fração do metano presente no biogás em volume;

$\frac{16}{12}$ = fator de conversão do carbono em metano, dado em tonelada de CH_4 /tonelada de C.

O fator de correção do metano (FCM) pode variar de acordo com a qualidade de compactação dos resíduos, o que influenciará na geração do metano. A tabela 1 mostra os valores de FCM para cada tipo de destinação.

Tabela 1
Valores para FCM

Tipo de Local de Destinação	FCM
Lixão	0,4
Aterro Controlado	0,8
Aterro Sanitário	1,0
Locais sem categoria	0,6

Fonte: Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas, (1996)

Outra variável importante é a quantidade de carbono presente nos resíduos (COD), que leva em conta a composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos e 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:

$$COD = (0,40 \times A) + (0,17 \times B) + (0,15 \times C) + (0,40 \times D) + (0,30 \times E) \quad (3)$$

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 fração de COD dissociada (COD_f) que segundo BIRGEMER e CRUTZEN (1987) indica a fração de carbono disponível para a decomposição bioquímica, e pode ser alcançada pela equação a seguir:

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

Sendo:

COD_f :fração de COD dissociada [%]

T: temperatura da zona anaeróbica [°C]

Resultados e discussão

Para calcular a emissão de carbono dos resíduos, foi utilizado o estudo de Santos (2011), que realizou quantitativamente a análise gravimétrica dos resíduos sólidos, conforme a tabela 2.

Tabela 2
Composição gravimétrica de COD

Componentes	Total (%)	%COD
Papel/ Papelão	6,4	40
Matéria Orgânica	48,0	15
Resíduo de poda/ jardim	5,0	17
Pano/ Trapo	1,0	40
Madeira	1,0	30

Fonte: Intergovernmental Panel on Climate Change (1996)

Utilizando a equação (3), o valor de COD obtido foi de 0,1131 t de C/tonelada de resíduo. Segundo BIRGEMER e CRUTZEN (1987), a fração de carbono degradável dissociada é a fração de carbono que é disponível para a decomposição bioquímica e varia em função da temperatura na zona anaeróbica do aterro sanitário, considerando assim a temperatura de 35 °C. Portanto, como o aterro sanitário ainda está em fase de projeto, não sendo possível medir a temperatura na zona anaeróbica, foi considerado no cálculo a temperatura como sendo 35°C. Substituindo esse valor na equação (4) obteve-se a fração dissociada do carbono, COD_f, no valor de 0,77.

Para calcular o potencial L_0 , é importante considerar o fator de correção do metano (FCM), que varia de acordo com a maneira em que os resíduos são depositados, o que influencia na geração do gás. O FCM varia de 0,4 a 1, e considerando que o aterro que será construído será bem manejado, o valor de FCM utilizado foi 1. O valor de F foi definido por (Persson et.al, 2006) em 40%. Calculado pela equação (2) e tendo como unidade kg CH_4 /kg RSU, o valor de L_0 obtido foi de 0,0464464. Dividindo esse valor por 0,0007168 t/m³, que é a densidade do metano, obtém-se 64,79 m³ CH_4 / t RSU.

O aterro atenderá uma população de 91.267 habitantes (IBGE, 2010) por um período de 20 anos, ou seja, até 2040 tenhamos uma geração de 0,28 kg/hab/dia. Foi considerado em média um crescimento populacional de 0,62 % em cada ano, com base em dados de 2010 a 2020 (IPCC, 1996).

Com base na tabela 3.3 do Módulo 5 (IPCC), tem-se o valor de k para clima tropical – resíduo úmido (de acordo com a composição do lixo).

Tabela 3
Resíduos, do Guia do IPCC

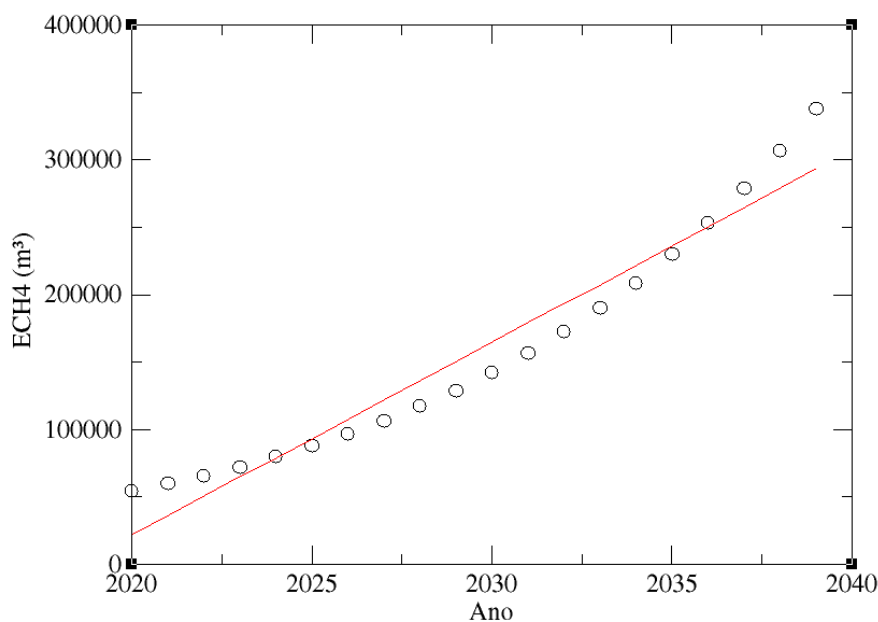
Papel	Orgânicos	Têxteis	Madeira	Média
k = 0,07	k = 0,17	k = 0,07	k = 0,035	k = 0,09

Fonte: Tabela 3.3 do Modulo 5 Volume 3: Disposição de Resíduos Sólidos, de 1996

A partir dos dados coletados e usados na equação (1), foi possível projetar cenários de geração de biogás no aterro a partir dos componentes depositados, como mostra o gráfico a seguir.

Gráfico 1

Estimativa da emissão de metano para os anos de 2020 até 2040 no aterro sanitário construído na região das Chapadas do Alto Itapecuru.



O cenário apresentado é uma estimativa equacionada a partir da isenção de todos os resíduos de entrada apresentados na tabela 2. Observa-se uma ascendência exponencial tendo como resultado mínimo a geração de 54.389,56 m³CH₄/ano no ano de 2020, cerca de 6,20 m³CH₄/h, chegando em 2030 com uma geração de 141.742,88 m³CH₄/ano, culminando em 2040 com uma geração de 371.698,94 m³CH₄/ano. No total, o aterro irá gerar 3.514.372,58 m³CH₄ no período apresentado, produzindo em média 175.718,62 m³CH₄/ano.

Conclusão

Através do método apresentado, foi estimada a capacidade de geração de biogás no aterro sanitário da região das Chapadas do Alto Itapecuru. Foi determinado a destinação correta dos resíduos sólidos urbanos e avaliar que sem captação, o biogás é lançado na atmosfera causando impactos ambientais. Em sua totalidade o metano gerado no aterro no período de 20 anos seria de 3.514.372,58 m³CH₄.

Essa pesquisa se trata de um trabalho inicial que pode transcender as estimativas e projeções sobre a emissão de gás de aterro, podendo aprofundar os estudos na perspectiva de geração de energia elétrica a partir do metano gerado. Torna-se imprescindível aprofundar os estudos sobre biomassa para atenuar os graves problemas gerados a partir e uma matriz energética fundamentada em energia não renovável para uma matriz cada vez menos dependente do petróleo

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2019**. Disponível em: < <https://www.abrelpe.com.br/panorama> >. Acesso em: 29 nov. 2019.

BIRGEMER, H. G.; CRUTZEN, P. J. **The production of metano from solid waste**. *Journal of geophysical research*, v. 92, n. D2, p 2181 – 2187. 1987.

BRANCO, M. S. R. C. **Avaliação do impacto da presença de siloxanos em sistemas de aproveitamento de biogás**. 142 fl. Dissertação (Mestrado) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2010.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional Resíduos Sólidos. Brasília, DF**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm >. Acesso em: 29 nov. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Resultados gerais da amostra. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

ICLEI, **Manual para aproveitamento de biogás**. São Paulo, 2009, 81 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: Acesso em: 30 nov. 2019.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Módulo 6: Lixo: Guia para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa**. [S. l.], 1996. (2). Disponível em: Acesso em: 30. nov. 2019.

PERSSON, M.; JÖNSSON, O.; WELLINGER, A., 2006. Biogas upgrading to vehicle.

SANTOS, G. G. D. dos. **Análise e Perspectivas de Alternativas de Destinação dos Resíduos Sólidos Urbanos: O Caso da Incineração e da Disposição em Aterros**. 2011. 193 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SILVA, T. R. Metodologia para a determinação teórica da potência ótima conseguida a partir da combustão do biogás gerado em aterro sanitário: estudo de caso do aterro sanitário de Itajubá-MG. 161 fl. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2012.

ZANETTE, A. L. Potencial de Aproveitamento Energético do Biogás no Brasil. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.