

## **CROMATOGRAFIA CONFIRMA VIABILIDADE ECONÔMICA DA EXPLORAÇÃO DE BIOGAS GERADAS NO ATERRO SANITÁRIO DE PALMAS TO**

JOÃO EVANGELISTA MARQUES SOARES<sup>1</sup>, MARCEL SOUSA MARQUES<sup>2</sup>, MARCELO MENDES PEDROZA<sup>3</sup>, AURÉLIO PÊSSOA PICANÇO<sup>4</sup> e IRNA MOREIRA DIAS MILHOMEM<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Dr. Prof. Eng. Civil, EGP-IVM, Palmas - TO, jemarquess@gmail.com;

<sup>2</sup>McS. Prof. Eng. Ambiental, UFT, Palmas - TO, marcel.sousa@uft.edu.br;

<sup>3</sup>Dr. Prof. Eng. Químico, IFTO, Palmas - TO, mendes@ifto.edu.br;

<sup>4</sup>Dr. Prof. Eng. Sanitarista, UFT, Palmas - TO, aureliopicanco@uft.edu.br;

<sup>5</sup> Graduando Eng. Civil, IFTO, Palmas - TO, irnamdm@gmail.com.

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
Palmas/TO – Brasil  
17 a 19 de setembro de 2019

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção e aproveitamento energético do biogás produzido pelo Aterro Sanitário de Palmas – TO, por meio do modelo LANDGEM, este, proposto pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2001). Assim, conforme desenvolvimento do presente estudo, torna-se possível abastecer cerca de 3.251 residências com energia elétrica gerada pelo biogás, transmitindo assim, na real viabilidade do aproveitamento energético do biogás gerado pelo Aterro Sanitário de Palmas, Tocantins.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biogás, Energias Renováveis, Aterro Sanitário de Palmas - TO.

## **CHROMATOGRAPHY CONFIRMS ECONOMIC VIABILITY EXPLORATION THE BIOGAS GENERATED AT SANITARY LANDFILL OF PALMAS TO**

**ABSTRACT:** The objective of this work was to evaluate the production and energy utilization of the biogas produced by the Landfill of Palmas - TO, using the LANDGEM model, proposed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2001). Thus, according to the development of the present study, it is possible to supply about 3,251 residences with electricity generated by biogas, thus transmitting, in the real viability of the energetic use of the biogas generated by the Palmas - TO Sanitary Landfill.

**KEYWORDS:** Biogas, Renewable Energies, landfill of Palmas – TO.

## **INTRODUÇÃO**

A crescente urbanização assistida no Brasil nos últimos anos, tem contribuído para o agravamento dos conflitos socioambientais referentes ao uso e ocupação dos bens naturais de forma inadequada (MARQUES, 2016). A produção exacerbada de RSU, resultantes do processo de consumo desenfreado, assim como, no estilo de criação de produtos com baixo ciclo de vida, tem contribuído negativamente para a criação de áreas de descarte inadequado dos RSU, depreciando ambientalmente a área de influência direta desse descarte, e desvalorizando financeiramente e paisagisticamente o local de descarte inadequado (LOPES, 2007; MARQUES E AZEVEDO, 2018).

A degradação física e biológica desses resíduos, além de proporcionarem a proliferação de odores, também apresentam como subproduto, emissões de gases atmosféricos, em especial o CH<sub>4</sub>, correspondendo valores superiores a 60% de concentração nessa mistura gasosa (AGEITEC, 2018).

O aproveitamento ambiental e energético do biogás produzido em Aterros Sanitários, além de contribuir para a redução das emissões atmosféricas em Aterros de RSU, também contribui para a diminuição do aquecimento global, uma vez que o CH<sub>4</sub> presente na mistura gasosa é cerca de 21 vezes mais poluente que o CO<sub>2</sub> (IPCC, 2007).

O aproveitamento ambiental do biogás, produzido por Aterros Sanitários, além de contribuir para a diversificação da matriz energética brasileira, também reduz significativamente a dispersão de

poluentes atmosféricos gerados pelos Aterros Sanitários, contribuindo para o franco desenvolvimento de um modelo energético sustentável, e possibilitando que um combustível antes descartado, sem nenhum aproveitamento energético, seja aproveitado para a geração de potencial elétrico (MACIEL, 2009).

Os estudos referentes ao aproveitamento de biogás provenientes de Aterros Sanitários são vistos como um desafio ainda a ser vencido no Brasil, uma vez que os projetos existentes, são desenvolvidos conforme tecnologias internacionais, onde, os parâmetros técnicos necessários para a sua execução não condizem com as características de projeto, operacionais e dos resíduos dispostos nos Aterros brasileiros, inviabilizando assim, a sua execução (MACIEL, 2009).

Assim, o estudo do aproveitamento energético do biogás gerado pelo Aterro Sanitário de Palmas - TO, mostra-se como uma importante alternativa de aproveitamento energético do biogás proveniente do Aterro Sanitário, como fonte de geração sustentável de energia elétrica, a partir de uma matriz energética em franco desenvolvimento.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O presente estudo foi desenvolvido no Aterro Sanitário do município de Palmas – TO, localizado a aproximadamente a 26 km do centro administrativo do município, onde, segundo informações repassadas pela Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos do município de Palmas - TO, conta com uma área de aproximadamente 92.914 hectares onde são destinados Resíduos Sólidos Urbanos produzidos no município.

Para a análise da estimativa do crescimento populacional do município de Palmas, foram utilizados dados dos Censos Demográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), em conjunto com dados disponibilizados pelo Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas (PALMAS, 2014).

O método utilizado para a projeção populacional do município, foi a de Taxas Geométricas de Crescimento Anual (TGCA), devido a característica intrínseca do município em não crescer conforme as características comuns das demais capitais brasileiras.

Assim, a partir da evolução da população urbana do município de Palmas, atendida pelos serviços de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos urbanos, foi possível estimar-se a evolução da população efetivamente atendida pelos programas de saneamento urbano municipais, num horizonte de projeto de 25 anos, conforme a capacidade da vida útil do Aterro Sanitário de Palmas.

Para a elaboração da estimativa da geração de resíduos sólidos urbanos para o município de Palmas – TO, uma projeção de 25 anos da vida útil do Aterro Sanitário foi adotada, conforme horizonte de projeto demonstrado pelo Plano Municipal de Saneamento Básico do Município (PALMAS, 2014), abrangendo uma coleta de 100% (cem por cento) dos resíduos produzidos pelos habitantes do município.

Para a elaboração do índice per capita de geração de RSU, foi adotado o valor disponibilizado pelo último Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil 2015, da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2016), de cerca de 1,071 kg/hab./dia.

De posse dos dados da estimativa populacional para o município de Palmas – TO, em conjunto com o índice de geração de resíduos, tornou-se possível a obtenção do prognóstico da quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados no município, considerando um incremento adicional de 1% no índice de geração de resíduos, em relação ao seu ano anterior.

Para a mensuração da estimativa teórica da geração de biogás no Aterro Sanitário de Palmas - TO foi utilizado o modelo LANDGEM, modelo este, proposto pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2001), estabelecendo a seguinte Equação 1 para a geração de metano no Aterro em cada ano amostral estudado:

$$QCH4i = (\text{PopUrb} \times \text{Taxa RSU} \times \text{RSDf} \times L0 - R) \times (1 - OX)$$

Onde:

QCH4 = quantidade de metano emitido [CH4/ano];

i = ano amostral estudado;

PopUrb = número de habitantes residentes na área urbana [habitantes];

Taxa RSU = resíduos sólidos urbanos gerados [ton/hab.ano];

RSDf = fração dos resíduos que é coletada e depositada no Aterro Sanitário [%];

L0 = potencial de geração de metano dos resíduos [ton.CH4/ton.rsu];

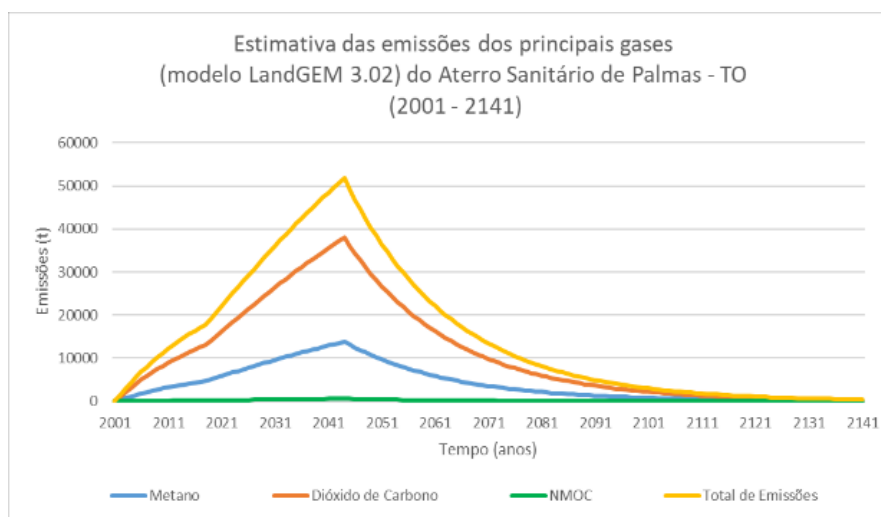
R = metano que é captado e aproveitado [ton.CH4/ano];

OX = fator de oxidação do metano na superfície do Aterro Sanitário.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1, demonstra o resultado da estimativa da geração dos principais gases presentes na mistura do biogás por meio da modelagem ambiental pelo software LandGEM. Os valores descritos no gráfico, representam a estimativa da geração de cada gás produzido pela degradação da matéria orgânica confinada no interior do maciço de resíduos, podendo ser alterada de acordo com a operação cotidiana das rotinas de acomodação final da massa de resíduos nas células operantes no Aterro.

Figura 1. Gráfico da estimativa das emissões dos principais gases (modelo LandGEM 3.02) do Aterro Sanitário de Palmas – TO (2001 – 2141). Fonte: IBGE.



De acordo com os dados apresentados pela Figura 1, a geração máxima de biogás produzida no Aterro se dá no ano de 2044, ano este, que representa o primeiro ano após encerramento da descarga da matéria orgânica na célula do Aterro, com uma produção de cerca de 13.834,08 toneladas de metano, 37.957,48 toneladas de dióxido de carbono, 594,62 toneladas de NMOC (compostos orgânicos não metálicos).

Ainda, de acordo com os dados apresentados pela Figura 1, no ano de 2141 a geração de emissões atmosféricas pelo Aterro Sanitário de Palmas – TO será ínfima, resultante da falta de nutrientes e matéria orgânica carbonácea disponível no interior do maciço de resíduos, para a reação dos microrganismos estabilizadores da matéria orgânica e das cepas metanogênicas.

Na falta de dados concretos acerca da quantidade de resíduos sólidos urbanos dispostos no Aterro Sanitário de Palmas – TO, desde o início de sua operação em meados do ano de 2001, foi considerado que o mesmo recebia cerca de 150 toneladas/dia de resíduos sólidos urbanos até o ano de 2018, ano este, que está sendo considerado como ano norteador para a estimativa do aproveitamento energético do biogás gerado pelo Aterro Sanitário em estudo.

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos durante a caracterização das amostras de biogás coletadas no Aterro Sanitário de Palmas, Tocantins. O principal constituinte foi o metano com um teor médio de 55,3 % em termos de abundância relativa na mistura gasosa. Os valores encontrados para os dois principais constituintes (CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>) nas amostras coletadas no Aterro Sanitário de Palmas estão bem próximos dos dados experimentais obtidos por Silva (2010) e Souza-Filho (2016) para biogás de aterros sanitários.

Tabela1. Principais constituintes de amostras de biogás do Aterro Sanitário de Palmas – Tocantins

Componentes	Quantidade (%)				
	Aterro Sanitário de Palmas (1)			Outros autores	
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Silva (2010)	Souza-Filho (2016)
CH <sub>4</sub>	51	55	60	50 – 75	57
CO <sub>2</sub>	49	45	40	25 – 40	42,9
CO	-	-	-	0 – 0,1	-
H <sub>2</sub> S	-	-	-	0,1 – 0,5	-
H <sub>2</sub>	-	-	-	1 – 3	-
NH <sub>3</sub>	-	-	-	0,1 – 0,5	-
N <sub>2</sub>	-	-	-	0,5 – 2,5	-
O <sub>2</sub>	-	-	-	0,1 – 1	0,1

(1) valores obtidos em termos de concentração relativa entre os dois principais constituintes

Biometano (CH<sub>4</sub>) é um gás oriundo do biogás, sendo obtido através da retirada de vapor de água, gás carbônico, sulfeto de hidrogênio e tem alto poder de combustão. Como combustível automotivo tem comportamento semelhante ao GNV (Gás Natural Veicular).

Para a modelagem matemática da equivalência energética do biogás gerado no Aterro Sanitário de Palmas – TO, foram utilizados os dados referentes ao motogerador LANDSET, que segundo informações do fabricante, possui uma eficiência de conversão elétrica de 28%, gerando uma potência de 200 kW em cada módulo operante a ser instalado (BRASMETANO, 2018).

Assim, a partir do cálculo da potência gerada pelo motogerador, tornou-se possível obter a vazão mínima de aproximadamente 134 m<sup>3</sup>/h, para abastecer um motogerador com potência de 200 kW.

Segundo Figueiredo (2007), a eficiência da coleta do biogás é de aproximadamente 75%. Entretanto, a maioria dos cálculos de equivalência energética para biogás de Aterros Sanitários, consideram que 100% (cem por cento) do biogás coletado é direcionado para o sistema de distribuição, tratamento e aproveitamento energético, sendo assim, impossível de considerar-se uma alta eficiência devido as perdas inerentes ao processo.

O funcionamento do conjunto motogerador LANDSET, proporciona a geração de 200 kw de energia elétrica, se o conjunto operar de forma ininterrupta em todo mês, sendo possível gerar 432 MW de energia elétrica mensais com a produção atual de biogás gerado pelo Aterro Sanitário de Palmas – TO.

Segundo dados disponibilizados pelo último Anuário Estatístico de Energia Elétrica de 2017 – ano base 2016, da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2017), o consumo médio mensal de energia elétrica domiciliar no Brasil foi de 132,872 kWh. Assim, com base nos valores de energia elétrica a ser gerada pelo Aterro Sanitário de Palmas, torna-se possível abastecer cerca de 3251 residências, com a geração de biogás atual no Aterro.

## CONCLUSÃO

A partir da modelagem ambiental do método de estimativa de geração de biogás para Aterros de Resíduos Sólidos, disponibilizado pelo IPCC (2001), pode-se concluir que o município de Palmas – TO, possui uma considerável geração de biogás em seu Aterro Sanitário, conforme demonstrado na análise de cromatografia com teor de 55,3% de metano, pelo presente estudo.

Assim, conforme a modelagem da produção de biogás e a sua subsequente conversão em energia elétrica, com a geração atual de biogás do Aterro Sanitário de Palmas – TO, torna-se possível abastecer cerca de 3.251 residências com a produção atual de biogás gerado pelo Aterro, conforme demonstrado pela execução do presente trabalho, transmitindo assim, na real viabilidade do aproveitamento energético do biogás gerado pelo Aterro Sanitário de Palmas – TO.

## REFERÊNCIAS

- ABRELPE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015, 2016. Disponível em: <[http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_apresentacao.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm)>. Acesso em: 01 Novembro 2016.
- ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2018. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 26 nov 2018.
- AGEITEC. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Brasília: EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2018. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fb123vn102wx5eo0sa wqe3qf9d0sy.html>>. Acesso em: 19 jun 2018.
- BRASMETANO. BRASMETANO (Bioenergia + Sustentabilidade). Motogeradores a Biogás, 2018. Disponível em: <[http://www.brasmetano.com.br/equipamentos/geradores\\_energina\\_biogas.php?lang=ptbr](http://www.brasmetano.com.br/equipamentos/geradores_energina_biogas.php?lang=ptbr)>. Acesso em: 31 out 2018.
- MARQUES, M. S. Qualidade ambiental e estudo da produção e aproveitamento energético do biogás produzido pelo aterro sanitário de Palmas – TO. 2018. 129f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Palmas, 2018.
- FIGUEIREDO, N. J. V. D. UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS DE ATERRO SANITÁRIO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E ILUMINAÇÃO A GÁS – ESTUDO DE CASO. São Paulo: Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica), Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2007. Disponível em: <<http://143.107.4.241/download/publicacoes/Natalie.pdf>>. Acesso em: 30 jul 2018.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. Palmas - TO, 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/palmas/panorama>>. Acesso em: 27 jul 2018.
- IPCC. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Genebra: International Panel on Climate Change, 2001. Disponível em: <<https://planning.lacity.org/eir/CrossroadsHwd/deir/files/references/C28.pdf>>. Acesso em: 02 jul 2018.
- IPCC. Mudança do Clima 2007: Mitigação da Mudança do Clima. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Genebra, p. 42. 2007.
- LOPES, A. A. Estudo da gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos na bacia Tietê-Jacaré (UGRHI-13). São Carlos - SP: Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007. Disponível em: <[http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-04032008-125517/publico/Tese\\_AdrianaAntunesLopes.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-04032008-125517/publico/Tese_AdrianaAntunesLopes.pdf)>. Acesso em: 08 fev 2018.
- MACIEL, F. J. Geração de biogás e energia em aterro experimental de resíduos sólidos urbanos. Recife: Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5213>>. Acesso em: 19 jun 2018.
- MARQUES, M. S. Diagnóstico ambiental, avaliação estrutural e operacional da área de disposição final dos resíduos sólidos urbanos em Rio Verde - GO. Rio Verde: Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, 2016.
- MARQUES, J. E. S.; AZEVEDO, A. A. G. O que faço com meu lixo? Resíduos Sólidos da geração ao destino final. 1. ed. Goiânia: KELPS, 2018.