



## ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE METANO A PARTIR DA DEGRADAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO ATERRO SANITÁRIO METROPOLITANO DE JOÃO PESSOA/PARAÍBA

Thaís Cordeiro Queiroz de O. Lima\*, Francielly Torres dos Santos, Nathiely Catharine de Moraes Silveira, Bruno Rovere, Claudia Coutinho Nóbrega

\*Universidade Federal do Paraná, thaiscordeiroq@gmail.com

### RESUMO

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são considerados um dos maiores problemas atuais pois a produção desses está associada às atividades do homem e a fatores relacionados ao seu poder de consumo. Com o aumento na geração de resíduos, surge uma problemática em paralelo a essa questão, que é a disposição inadequada dos RSU que acarreta a geração de metano ( $\text{CH}_4$ ) devido à decomposição dos resíduos orgânicos degradáveis, sendo esse gás com um maior potencial de aquecimento global em relação ao  $\text{CO}_2$ . Buscando solucionar essa problemática, o objetivo deste trabalho foi estimar a emissão de metano a partir da biodegradação dos resíduos sólidos urbanos (RSU) dispostos no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa no ano de 2015 e a partir dessa estimativa, calcular o biogás gerado e a quantidade de  $\text{CO}_2$  equivalente ( $\text{CO}_2\text{e}$ ). Utilizaram-se os dados da pesquisa realizada por Pimentel (2017), junto a metodologia do Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories elaborado pelo IPCC (1996). Ao realizar os procedimentos, notou-se que os resíduos em maior quantidade foram os orgânicos (massa orgânica e resíduos verdes) e concluiu-se que a quantidade de  $\text{CH}_4$  gerado no ASMJP foi de 38.496,44 t $\text{CH}_4$ /ano. A geração anual de RSU na Região Metropolitana de João Pessoa, dispostos no ASMJP, emite gases de efeito estufa, que ao invés de serem liberados diretamente na atmosfera, como no caso dos lixões, permite o gerenciamento e reaproveitamento do biogás. A partir da estimativa da emissão de  $\text{CH}_4$ , foi calculada a quantidade do biogás gerado e a quantidade de  $\text{CO}_2\text{e}$ . O biogás resultou em 76.992,88952 t/ano, visto que corresponde ao dobro do valor estimado de  $\text{CH}_4$ . E o  $\text{CO}_2\text{e}$  foi estimado em 769.928,89 t.

**PALAVRAS-CHAVE:** Atmosfera, Efeito Estufa, Poluição Atmosférica.

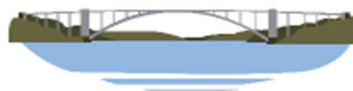
### ABSTRACT

Urban Solid Waste (RSU) is considered one of the biggest problems today because the production of these is associated with the activities of man and factors related to his consumption power. With the increase in waste generation, a problem arises in parallel to this issue, which is the inadequate disposal of MSW that leads to the generation of methane ( $\text{CH}_4$ ) due to the decomposition of degradable organic waste, which gas has a higher heating potential overall  $\text{CO}_2$  emissions. In order to solve this problem, the objective of this work was to estimate the emission of methane from the biodegradation of urban solid waste (RSU) arranged in the Metropolitan Sanitary Landfill of João Pessoa in the year 2015 and, based on this estimate, calculate the biogas generated and amount of  $\text{CO}_2$  equivalent ( $\text{CO}_2\text{e}$ ). The data of the research carried out by Pimentel (2017), together with the methodology of the Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories elaborated by the IPCC (1996) were used. In carrying out the procedures, it was observed that the residues in greater quantity were the organic ones (organic mass and green residues) and it was concluded that the amount of  $\text{CH}_4$  generated in the ASMJP was 38,496.44 t $\text{CH}_4$ /year. The annual generation of MSW in the Metropolitan Region of João Pessoa, located in the ASMJP, emits greenhouse gases, which instead of being released directly into the atmosphere, as in the case of dumps, allows the management and reuse of biogas. From the estimation of  $\text{CH}_4$  emission, the amount of biogas generated and the amount of  $\text{CO}_2\text{e}$  was calculated. Biogas resulted in 76,992.88952 t/year, as it corresponds to twice the estimated value of  $\text{CH}_4$ . And  $\text{CO}_2\text{e}$  was estimated at 769,928.89 t.

**KEY WORDS:** Atmosphere, Greenhouse Effect, Atmospheric Pollution.

### INTRODUÇÃO

Os principais gases provenientes do processo de biodegradação dos resíduos sólidos urbanos são o metano ( $\text{CH}_4$ ) que ocorre pelo processo de degradação anaeróbica, e o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) que ocorre pelo processo de degradação aeróbica (MARTINS, SILVA e CARNEIRO 2017). A geração destes gases é preocupante, principalmente do gás metano, por contribuir para o agravamento do efeito estufa, além de possuir um efeito tóxico 21 vezes maior que o  $\text{CO}_2$  (BRAND,



BLAMEY et al., 2016; KALYUZHAYAYA, COLLINS e CHISTOSERDOVA, 2019). Devido a esse potencial poluidor tem-se a necessidade do controle das emissões atmosféricas dos Aterros Sanitários, amenizando os impactos ao meio ambiente e realizar o aproveitamento energético do gás metano.

Segundo Crovador et al., (2018), os estudos que abordam a determinação do potencial de geração de biogás, a partir de resíduos sólidos urbanos (RSU), são de extrema importância para o estabelecimento de programas de recuperação energética do gás gerado em aterros sanitários, pois os estudos fornecem informações importantes à avaliação de viabilidade técnica e econômico-financeira.

## OBJETIVOS

A pesquisa teve como objetivo estimar a emissão de metano a partir da biodegradação dos resíduos sólidos urbanos (RSU) dispostos no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa, no ano de 2015 e, a partir dessa estimativa, calcular o biogás gerado e a quantidade de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>e).

## METODOLOGIA

O Aterro Sanitário Metropolitano localiza-se no município de João Pessoa, ocupa uma área de 100 ha. O Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa (ASMJP) localiza-se a 19 km do centro comercial do município, na porção sudoeste, em terreno próprio desmembrado da Fazenda Mumbaba III. O aterro está em funcionamento desde agosto de 2003, foi projetado para 24 células de 150 x 150 x 20 metros e vida útil de 25 anos, ou seja, já possui quase 15 anos de operação. A estimativa de emissão de CH<sub>4</sub>, baseou-se na disposição dos resíduos sólidos urbanos (RSU) no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa, no ano de 2015. A coleta convencional dos RSU domésticos, comerciais e de serviços públicos tem como destino final o ASMJP.

Para a estimativa de emissão de metano, a metodologia utilizada foi dividida em duas etapas: a pesquisa bibliográfica e a análise dos dados. Na segunda etapa, foi feita a análise dos dados a partir do trabalho realizado por Pimentel (2017), pois nele foram obtidas as quantidades de resíduos dispostos no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa e a partir de então estimar a quantidade de CH<sub>4</sub> emitido. A metodologia utilizada para estimar a emissão de CH<sub>4</sub> foi baseada no Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories elaborado pelo Intergovernmental Painel on Climate Change - IPCC (1996).

De acordo com a referida metodologia de 1996 (IPCC, 1996), a determinação da emissão anual de CH<sub>4</sub>, para cada país ou região, pode ser calculada pela Equação 1.

$$Q_{CH_4} = (Popurb.taxaRSD.RSDf.FCM.COD.COD_F.F. \frac{16}{12} - R). (1 - OX)$$

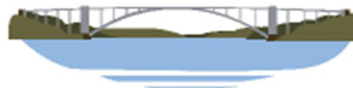
Porém, o início dessa equação foi alterado, visto que já se conhece a quantidade de resíduos sólidos recebidos no aterro sanitário, que representa a quantidade de resíduo gerado pela população e é equivalente a Popurb.taxaRSD.RSDf. Logo, tem-se:

$$Q_{CH_4} = (RSUrec.FCM.COD.COD_F.F. \frac{16}{12} - R). (1 - OX) \quad (\text{equação 1})$$

Onde:

- QCH<sub>4</sub>: quantidade de CH<sub>4</sub> produzido [tCH<sub>4</sub>/ano]
- RSUrec: quantidade de resíduos sólidos recebidos no aterro [t/ano]
- FCM: Fator de correção de metano [fração adimensional]
- COD: Carbono orgânico degradável no resíduo sólido domiciliar [fração adimensional]
- COD<sub>F</sub>: Fração de COD que realmente degrada [fração adimensional]
- F: Fração de CH<sub>4</sub> no gás de aterro [fração adimensional]
- 16/12: Taxa de conversão de carbono em metano [fração adimensional]
- R: Quantidade de metano recuperado [tCH<sub>4</sub>/ano]
- OX: Fator de oxidação [fração adimensional]

O cálculo baseia-se na aproximação de balanço de massa e não incorpora todos os fatores de tempo, já que pressupõe que todo o CH<sub>4</sub> potencial é liberado dos resíduos no ano em que foram depositados. Essa metodologia fornece uma estimativa



razoável das emissões atuais, quando a quantidade e composição dos resíduos depositados tiver sido constante ao longo dos anos anteriores. Cada fator da Equação 1 será determinado de acordo com o IPCC (1996), que recomenda valores de Fator de conversão de metano (FCM) de acordo com o tipo e características do local de disposição final de resíduos sólidos (Tabela 1).

**Tabela 1: Valores para Fator de Correção de Metano (FCM), de acordo com o recomendado pelo IPCC**  
Fonte: IPCC, 1996.

Valores para Fator de Correção de Metano (FCM)	
Tipo de local de disposição	FCM
Vazadouros a céu aberto (Lixão)	0,4
Aterro Controlado	0,8
Aterro Sanitário	1
Local sem categoria	0,6

O carbono orgânico degradável (COD) é calculado através da relação entre a porcentagem de resíduo e a fração de carbono orgânico degradável, que irá variar de acordo com cada tipo de resíduo (Tabela 2). Portanto, a partir dos dados expostos nesta tabela, é possível calcular o COD através da Equação 2.

$$COD \text{ (por peso)} = [0,4 * (A)] + [0,17 * (B)] + [0,15 * (C)] + [0,3 * (D)] \quad \text{(equação 2)}$$

Onde:

- A: porcentagem dos RSU que correspondem ao papel e os tecidos;
- B: porcentagem dos RSU de jardins, parques e outros orgânicos putrescíveis exceto alimentos;
- C: porcentagem dos RSU que correspondem resíduos de alimentos;
- D: porcentagem dos RSU que correspondem resíduos de madeira e palha.

Tabela 2 - Frações de carbono orgânico degradável (DOC) por diferentes tipos de resíduos

Dado default de DOC	
Fração do resíduos	Percentual do DOC (em peso)
A - Papéis e têxteis	40
B - Resíduos de parques e jardins e outros orgânicos putrescíveis, exceto alimento.	17
C - Resíduos alimentares	15
D - Resíduos de madeira e palha	30

Fonte: IPCC, 1996.

## RESULTADOS

A partir da metodologia utilizada, foi possível gerar valores estimados da emissão de CH<sub>4</sub> no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa. Os resultados apresentados são referentes ao ano de 2015, sendo que o aterro se localiza no município João Pessoa, mas recebe resíduos sólidos de outros municípios.

O método apresentado neste trabalho é uma estimativa teórica. Esse método envolve a estimativa da quantidade de carbono orgânico degradável presente na massa de resíduos, calculando assim a quantidade de metano que pode ser gerada por determinada quantidade de resíduo depositado, considerando categorias de resíduos sólidos domésticos.

A composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do município de João Pessoa, foi feita durante o estudo elaborado por Pimentel (2017), referente ao ano de 2016. Portanto, como esta foi a gravimetria mais recente, foi utilizada para o presente trabalho a Tabela 3.



**Tabela 3 - Composição gravimétrica dos Resíduos Sólidos em JP com destaque para os fatores A, B, C e D para determinação do COD**

Fonte: Adaptado pelo autor. Musse, 2010.

Composição gravimétrica de resíduos (% em peso)	
Tipo de Resíduo	Região Metropolitana
Massa Orgânica	33% ← C
Resíduos Verdes	16% ← B
Plásticos	10%
Inflamáveis	6% ← D
Papelões	5%
Papel	3% ← A
Têxteis	2% ← A
Inertes	2%
Vidro	2%
Especiais	2%
Metais	1%
Finos	10%
Higiene Pessoal	9%

\* Os papelões não foram incluídos, pois são destinados à reciclagem, ocorrendo apenas alguns casos isolados, cujo são agregados aos demais resíduos.

Para que ocorra a gestão e gerenciamento eficiente dos resíduos sólidos urbanos nos municípios brasileiros, é necessário realizar a caracterização gravimétrica dos resíduos a fim de conhecer o que é gerado (BRANDÃO et al., 2019). A caracterização gravimétrica, apresenta um grande percentual de resíduos orgânicos. Este fator mostra que há deficiência no ramo da compostagem, visto que estes resíduos poderiam chegar ao aterro em menor quantidade, se houvesse este tipo de tratamento. Para o cálculo do COD utilizou-se o método representado pela Equação 2, permitindo chegar a um resultado de 0,1147 TCarbono/TtResíduo para o COD. Comparando este valor a um estudo similar, Otto (2016) calculou o carbono orgânico degradável e chegou a um número um pouco inferior referindo-se ao mesmo ano do presente trabalho (0,1530 TCarbono/TtResíduo), essa diferença pode ser justificada a partir do número de habitantes do município de Campo Grande-MS, no ano de 2015.

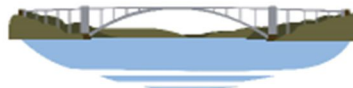
Com o resultado do carbono orgânico degradável presente nos resíduos para o ano de 2015 e as demais variáveis calculadas, foi possível aplicar a metodologia revisada do IPCC (1996) que permite estimar a geração de CH<sub>4</sub> por ano. Segundo Figueiredo (2007), considerando a densidade do CH<sub>4</sub> (0°C e 1,013 bar) como 0,0007168 T/m<sup>3</sup>, foi possível estimar a quantidade de CH<sub>4</sub> emitida em m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/ano, a partir da degradação dos resíduos depositados no ASMJP no ano de 2015, como mostra a Tabela 4.

**Tabela 4 – Resultado Final de Emissão de Metano por Aterro Sanitário e Lixões – 2015**

Fonte: Adaptado pelo autor. Musse, 2010.

Região Metropolitana de João Pessoa	
Habitantes (hab)	1.102.051
FCM	1
COD <sub>F</sub>	0,77
COD	0,1948
F	0,5
R	0
16/12	1,33
OX	0
Resultado Final (tCH <sub>4</sub> /ano)	38.496,44

Portanto, o cálculo para estimativa teórica da quantidade de gás metano emitido durante o ano de 2015 a partir da degradação dos resíduos sólidos do ASMJP foi de 38.496,44 TCH<sub>4</sub>/ano ou 53.705.977,62 m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/ano. Otto (2016) concluiu que no ano de 2015 o Aterro Sanitário de Campo Grande/MS estudado, emitiu 4.844,99 TCH<sub>4</sub>/ano, que devido ao número de habitantes e outros fatores, foi bem inferior ao valor do presente trabalho.



A partir da estimativa da emissão de CH<sub>4</sub>, foi calculada a quantidade do biogás gerado e a quantidade de CO<sub>2</sub>. O biogás resultou em 76.992,88952 T/ano e 107.411.955,2 m<sup>3</sup>/ano, visto que corresponde ao dobro do valor estimado de CH<sub>4</sub>. E o cálculo do CO<sub>2</sub>e foi realizado a partir da relação entre 1 T de CH<sub>4</sub> corresponde a 20 T de CO<sub>2</sub>, o CO<sub>2</sub>e foi estimado em 769.928,8952 T.

## CONCLUSÃO

A geração anual de Resíduos Sólidos Urbanos na Região Metropolitana de João Pessoa, dispostos no ASMJP, emitem gases do efeito estufa, dentre os quais o gás metano, que ao invés de ser liberado diretamente na atmosfera, como no caso dos lixões, permite o gerenciamento e reaproveitamento do biogás. Assim, a partir dos dados coletados e realização dos cálculos, foi possível estimar a quantidade de CH<sub>4</sub> liberado na atmosfera a partir da degradação dos resíduos sólidos. Mesmo se o ASMJP não implementar unidades de geração de energia, o fato de captar corretamente estes gases e gerenciá-los com a queima que transforma CH<sub>4</sub> em CO<sub>2</sub>, que foi mostrado nos resultados, relacionando o valor de gás metano emitido com o gás carbônico equivalente, podendo gerar créditos de carbono, mesmo que não esteja tão valorizado no mercado. A partir da quantidade de gás metano emitida no aterro, uma boa alternativa para este gás seria o aproveitamento energético do gás de aterro sanitário tem por definição explorar o potencial energético do metano (CH<sub>4</sub>). Em síntese, é o processo que se inicia com a captação do biogás por um sistema de tubulação e em seguida se abastece uma central termelétrica que transforma o gás metano em energia elétrica mediante a combustão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRANDÃO, C. R. P.; SILVA, A. V. B. de A.; SILVA, L. O.; VITÓRIA, N. S.; SOUSA, I. F. de. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos descartados irregularmente no bairro dos rodoviários, Paulo Afonso - BA. Semioses, v. 13, n. 1, p.60-76, 2019.
2. BRAND, U.; BLAMEY, N.; GARBELLI, C.; GRIESSHABER, E.; POSENATO, R.; ANGIOLINI, L.; AZMY, K.; FARABEGOLI, E.; CAME, R. Methane Hydrate: Killer cause of Earth's greatest mass extinction. *Palaeoworld*, v. 25, n. 4, p. 496-507, 2016.
3. CROVADOR, M. I. C.; SCHIRMER, W. N.; MARTINS, K. G.; FRANQUETO, R.; JUCÁ, J. F. T. Estimativa da produção de biogás em aterro sanitário subtropical brasileiro. *Revista Agronegócio e meio ambiente*, v. 11, n. 1, p. 227-251, 2018.
4. FIGUEIREDO, N. J. V. Utilização de Biogás de Aterro Sanitário para Geração de Energia Elétrica e Iluminação a Gás – Estudo de Caso. 2011. Trabalho de Graduação Interdisciplinar apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2007.
5. IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Report produced by Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) on the invitation of the United Nations Framework Convention on Climate Change, London, 1996.
6. KALYUZHAYAYA, M. G.; COLLINS, D.; CHISTOSERDOVA, L. Microbial Cycling of Methane. Reference Module in Life Sciences, 2019.
7. MARTINS, L. O. S.; SILVA, L. T. e.; CARNEIRO, R. A. F. Análise da viabilidade econômica e financeira da implantação de usina de geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos no município de Santo Antônio de Jesus – BA. *Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo*, v. 2, n. 2, p. 142-166, 2017.
8. OTTO, H.R. Estimativa teórica das emissões de metano e aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos – Aterro Sanitário de Campo Grande/MS. 33f. Monografia (Especialização) - Curso de Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Mercado de Carbono, Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.
9. PIMENTEL, C. H. A gestão dos resíduos sólidos urbanos no município de João Pessoa/PB - à luz das rotas tecnológicas. 280f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.
10. \_\_\_\_\_. Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), 2014. João Pessoa, 2014b. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/emlur/plano-municipal-de-residuos-solidos/>> Acesso: 17 mar. 2019.