

III-078 - AVALIAÇÃO DA EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA ATRAVÉS DA CAMADA DE COBERTURA DO ATERRO DE SEROPÉDICA - RJ

Priscila Falcão de Sá Borba⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Consultora da FRALConsultoria. Concursada da Prefeitura Municipal de Japeri – RJ. Mestranda em Engenharia Ambiental no PEAMB/UERJ.

Elisabeth Ritter⁽¹⁾

D.Sc. em Engenharia Civil – PEC/COPPE/UFRJ e M.Sc. em Engenharia Civil – PUC/Rio. Professor Associado do Depto. de Eng. Sanitária e do Meio Ambiente – Faculdade de Engenharia – UERJ

Eduardo Monteiro Martins⁽¹⁾

D.Sc. em Físico Química pela UFRJ. Professor Adjunto do Depto. de Eng. Sanitária e do Meio Ambiente – Faculdade de Engenharia – UERJ

Sergio Machado Corrêa⁽²⁾

D.Sc. em Físico Química pela UFRJ. Professor Associado do Departamento de Química e Ambiental, Faculdade de Tecnologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Endereço⁽¹⁾: Rua São Francisco Xavier – 524 - Maracanã – Rio de Janeiro - RJ - CEP: 20550-900 - Brasil - Tel: (21) 2334-0512.

Endereço⁽²⁾: Rodovia Presidente Dutra - km 298 - Polo Industrial – Resende – RJ - 27537-000 – Brasil.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo quantificar a emissão de gases indutores do aumento do efeito estufa (GEE) pela camada de cobertura do aterro sanitário de Seropédica no Rio de Janeiro, assim como mensurar a concentração destes gases na atmosfera acima das células do aterro. Para realização deste estudo foram utilizadas duas câmaras de fluxo de 0,66 m² de área e 33,2 L de volume, que operaram durante 15 minutos e seringas de 60 mL, com as quais, a cada 5 minutos, foram coletados os gases para análise de GEE. Amostras de GEE também foram coletadas diretamente da atmosfera. As amostras de GEE por múltiplos detectores de cromatografia gasosa. As taxas de emissão dos GEE observadas variaram para o metano entre 0,1 e 714 mg m⁻² min⁻¹, de dióxido de carbono entre 0,2 e 148,3 mg m⁻² min⁻¹ e uma concentração na atmosfera entre 2,1 e 144 ppm e 408 e 557 ppm, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Gás de aterro, GEE, emissão, aterro sanitário.

INTRODUÇÃO

Os aterros sanitários podem ser considerados grandes reatores bioquímicos, tendo como principais matérias prima os resíduos sólidos e a água e como produtos o lixiviado e os gases.

O produto gasoso gerado pela degradação dos resíduos é chamado biogás, o qual se caracteriza, em sua maior parte, pela mistura de gases como o metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), hidrogênio (H₂) e sulfeto de hidrogênio (H₂S).

A emissão do CH₄ dos resíduos equivale a 18% das emissões antropogênicas de CH₄ em todo o mundo, estimando-se a liberação de 35 a 69 toneladas deste gás para a atmosfera através dos aterros sanitários.

A fim de conter a passagem destes gases para a atmosfera foram desenvolvidas estruturas de cobertura do resíduo as quais podem ser constituídas por um solo de baixa permeabilidade ou até mesmo materiais geossintéticos.

Porém, mesmo com a aplicação destas estruturas, emissões de gases ainda podem ser detectadas em diversos aterros. Assim, este estudo tem como objetivo avaliar a existência emissões de gases de efeito estufa GEE camada de cobertura do aterro sanitário de Seropédica, no Rio de Janeiro.

MATERIAIS E MÉTODOS

LOCAL DE ESTUDO

A Central de Tratamento de Resíduos Sólidos (CTR) da empresa Ciclus está situada na Estrada Santa Rosa, no município de Seropédica, Rio de Janeiro. Segundo a empresa responsável pela operação do aterro, este recebe resíduos provenientes dos municípios do Rio de Janeiro, Itaguaí e Seropédica, totalizando uma quantidade de cerca de 10 mil toneladas recebidas diariamente e entrou em operação em julho de 2011. Na Figura 1 pode ser visualizada a imagem atualizada desta CTR.

O local em estudo, chamado de célula 1, possui uma área superficial de aproximadamente 250 mil m² e altura de cerca de 50 metros, contando ainda com 108 poços verticais, que realizam a drenagem de gases e que até o presente momento não se encontram em captação ativa.



Figura 1: Imagem atualizada da CTR de Seropédica.

Os resíduos foram dispostos na célula de estudo há cerca de dois a três anos, sendo esta área a primeira a receber os resíduos sólidos destinados ao aterro e a operação neste local está paralisada desde o início de 2014.

COLETA E ANÁLISE CROMATOGRÁFICA DAS AMOSTRAS

Para a realização da avaliação da emissão dos GEE pela camada de cobertura do aterro foram utilizadas duas câmaras de fluxo de 0,66 m² de área e 33,2 L de volume. Estas câmaras foram conectadas ao solo da camada de cobertura e suas extremidades protegidas com argila e água de forma que não houvesse escape dos gases que deveriam ali ficar confinados. As etapas de cravação das placas podem ser visualizadas através da Figura 2.

Os pontos nos quais foram cravadas as placas de fluxo foram decididos com base na distância a partir dos poços de drenagem de gases, assim como em prováveis fissuras que podem ser encontradas nas camadas do solo de cobertura, provocada por fenômenos de intemperismo, visto que estas fissuras podem funcionar como um caminho preferencial de emissão de gases. Os ensaios foram executados entre os meses de julho a dezembro de 2014.

As amostras de gases confinados nas câmaras de fluxo foram coletadas com seringas de polipropileno de 60 mL que possuem válvula de abre-e-fecha, durante 15 minutos, num intervalo de 5 minutos, sendo a primeira coleta no momento em que a placa é cravada no solo.

Em cada ponto de coleta das amostras foram coletadas quatro amostras para o cálculo das emissões. As amostras coletadas nos diferentes pontos foram analisadas por cromatografia gasosa para determinação das concentrações de CO₂ e CH₄.

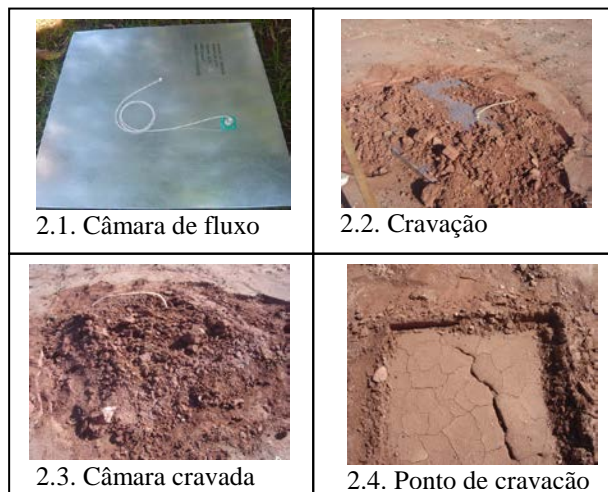


Figura 2: Etapas de cravação das câmaras de fluxo.

As diferentes concentrações obtidas nos mesmos pontos, devido aos intervalos de 5 minutos em que as amostras foram coletadas, foram utilizadas para definir a concentração em relação ao tempo através de regressão linear. A partir deste resultado foi calculado o fluxo emitido em cada um dos pontos para os GEE. Este cálculo foi realizado utilizando-se a Equação 1:

$$F = (V/A) \times (\Delta C / \Delta t) \quad (1)$$

Onde F representa a taxa de emissão do gás a ser analisado (mg m⁻² min⁻¹), V é o volume da câmara por cima do solo (m³); A é a seção transversal da câmara (m²); ΔC é a diferença de concentração entre o tempo zero e no tempo t (mg m⁻³) e Δt é o tempo de duração entre dois períodos de amostragem (min).

Além disso, também foram coletadas, através de seringas de polipropileno de 60 mL, amostras horárias de ar atmosférico, durante todo o tempo de permanência sobre a célula do aterro. Estas amostras também foram analisadas por cromatografia gasosa e foram determinados os GEE CH₄ e CO₂. Através destas coletas buscou-se avaliar a concentração destes GEE na atmosfera logo acima da célula 1 do aterro sanitário de Seropédica.

O cromatógrafo utilizado foi o Agilent 7890A com três detectores: detector de condutividade térmica (DCT) para medir CO₂ em altos níveis de concentração, O₂ e N₂. Um detector de captura de elétrons (DCE) foi utilizado para determinar as concentrações de N₂O e um detector por ionização de chama (DIC) para medir CH₄ e CO₂ em baixas concentrações.

O sistema cromatográfico utiliza dois canais com colunas empacotadas 1/8" (HayeSep Q80/100). O primeiro canal usa duas válvulas para FID e DCT, em série para medir CO₂ usando o metanizador para converter CO₂ em CH₄. O outro canal com duas válvulas foi usado para medir N₂O no micro DCE. Duas pré-colunas foram usadas para reter compostos pesados e enviar oxigênio e água para o meio externo. O "loop" de 1,0 mL foi mantido na temperatura de 60°C e as válvulas a 100°C. O DIC foi operado a 250°C, DCE a 350°C e DCT a 200°C. Hélio foi usado como fase móvel 21 mL min⁻¹. A calibração foi realizada usando padrões externos (Linde Gas) com GEE nas seguintes concentrações: 351 a 451 μmol mol⁻¹ de CO₂, 1,510 a 2,010 μmol mol⁻¹ de CH₄ e 0,250 a 0,350 μmol mol⁻¹ de N₂O. Os coeficientes de determinação (R²) para as curvas em triplicata foram de 0,99 para CO₂ e CH₄.

RESULTADOS

Na figura 3 pode ser visualizada a localização de cada um dos pontos amostrados sobre a célula 1 do aterro sanitário de Seropédica, os quais foram caracterizados pela cor rosa.

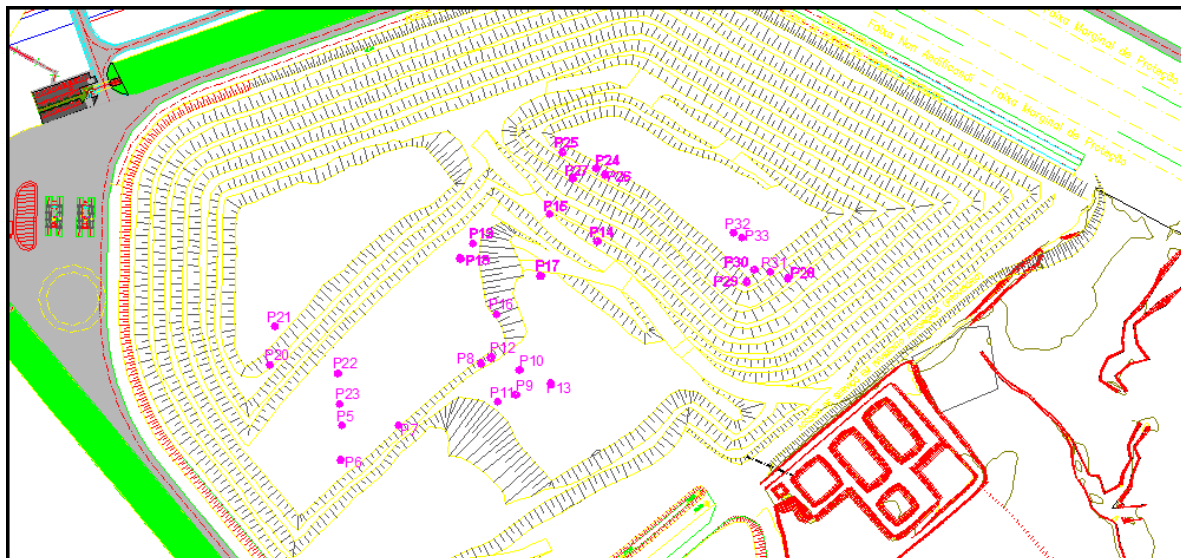


Figura 3: Localização dos pontos amostrados.

Nas Figuras 4 e 5 podem ser observados os valores das taxas de emissão de CH_4 e CO_2 determinadas para cada um dos pontos de coleta sobre a camada de cobertura da célula 1. O ponto P1 apresentou maior emissão de CH_4 , com um valor de $714,1 \text{ g m}^{-2} \text{ min}^{-1}$, enquanto o ponto P5 foi aquele que apresentou maior emissão de CO_2 , com um valor de $148,3 \text{ g m}^{-2} \text{ min}^{-1}$.

Dentre os valores mínimos podem ser destacados o ponto P 9, o qual apresentou uma taxa de $0,1 \text{ g m}^{-2} \text{ min}^{-1}$ de CH_4 e o ponto P 7 com uma taxa de $0,2 \text{ g m}^{-2} \text{ min}^{-1}$ de CO_2 .

Vale ressaltar que, em ambos os pontos que apresentaram as maiores concentrações, a cravação da placa de fluxo foi realizada acima de grandes fissuras existentes na camada de cobertura, no momento da coleta de amostras, já as menores emissões foram detectadas em pontos sem fissura alguma.

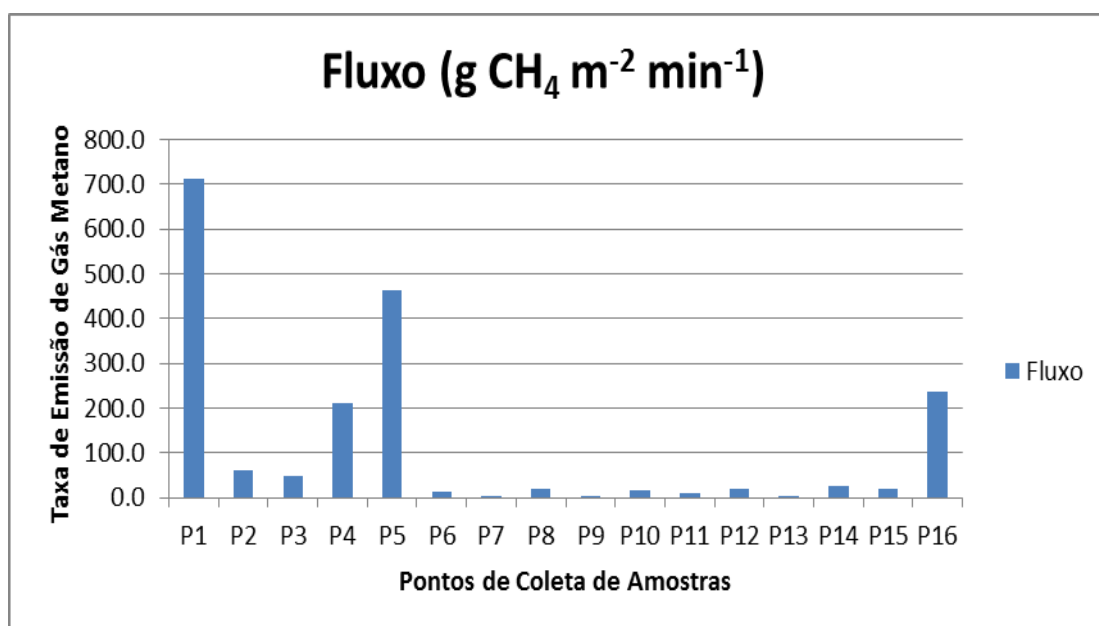


Figura 4. Taxa de emissão de CH_4 pela camada de cobertura.

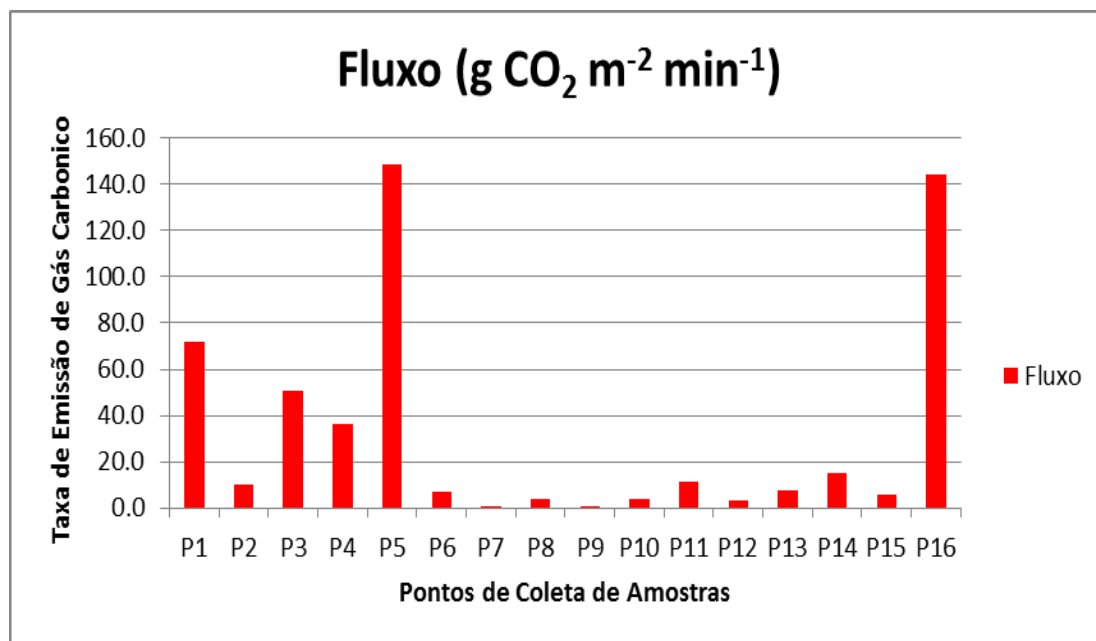


Figura 5. Taxa de emissão de CO₂ pela camada de cobertura.

Na Tabela 1 são apresentados os valores máximos, mínimos e médios das taxas de emissão ocorridos em cada um dos dias de coleta. Os dias 30/07/2014, 07/08/2014 e 27/11/2014 foram aqueles que foram obtidas as maiores médias de emissão de CO₂ e CH₄.

Tabela 1. Valores máximos, mínimos e médios das taxas de emissões diárias.

Gases	Dia de Coleta	Numero de Amostras Coletadas por Dia	Média (g m ⁻² min ⁻¹)	Máximo (g m ⁻² min ⁻¹)	Mínimo (g m ⁻² min ⁻¹)
CH ₄	30/07/2014	4	258.2	714.1	47.0
	07/08/2014	2	238.6	463.6	13.6
	30/09/2014	3	7.2	20.2	0.1
	09/10/2014	3	14.4	18.3	9.5
	27/11/2014	4	71.6	237.6	3.8
CO ₂	30/07/2014	4	42.2	71.8	10.4
	07/08/2014	2	77.7	148.3	7.0
	30/09/2014	3	1.5	4.1	0.2
	09/10/2014	3	6.1	11.6	3.1
	27/11/2014	4	43.2	144.0	6.1

Nas Figuras 6 e 7 são apresentadas as concentrações de CH₄ e CO₂ coletadas no ar atmosférico na célula 1. A maior concentração de CH₄ foi obtida na amostra ATM 13, com um valor de 144 ppm, e a menor concentração obtida foi para a amostra ATM 21, com 2 ppm de concentração. Com relação ao CO₂, a maior concentração foi obtida pela ATM 6, com um valor de 557 ppm, e a menor pela ATM 20, com um valor de 408 ppm.

Vale destacar que as maiores concentrações de ambos os gases foram detectadas em dias ensolarados e com poucas rajadas de vento. Já as menores concentrações foram detectadas no dia 09/10/2014, o qual se caracterizou por fortes rajadas de vento.

As Figuras 6 e 7 correlacionam também, as concentrações obtidas no ar acima da célula 1 com a concentração atmosférica de amostras coletas fora do aterro, as quais se caracterizam pelas faixas vermelhas em cada uma delas. Com isso, pode ser observado que, dentre as 26 amostras coletadas, 25 das amostras de CH₄ e 18 das de CO₂ ultrapassaram os valores encontrados na atmosfera.

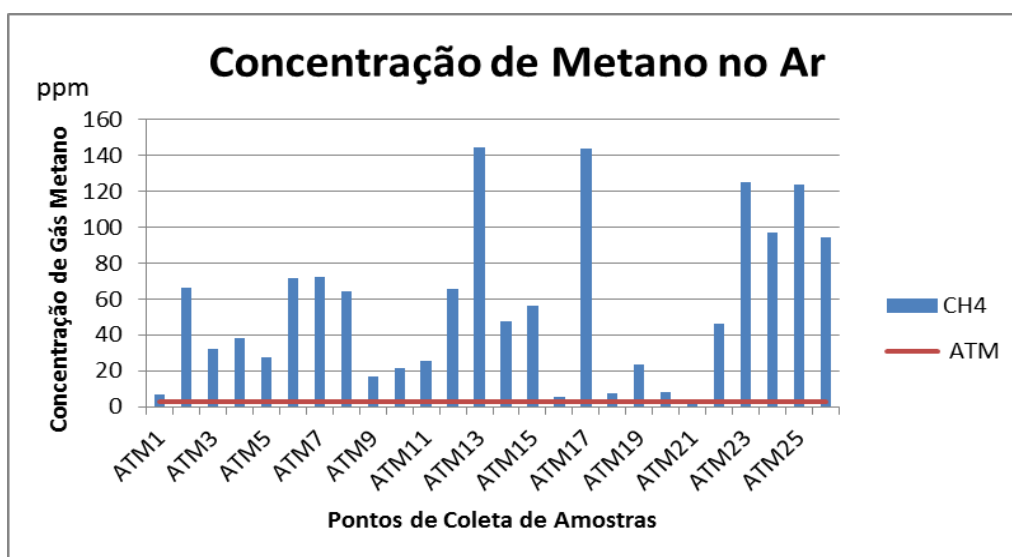


Figura 6. Concentração de CH₄ no ar atmosférico.

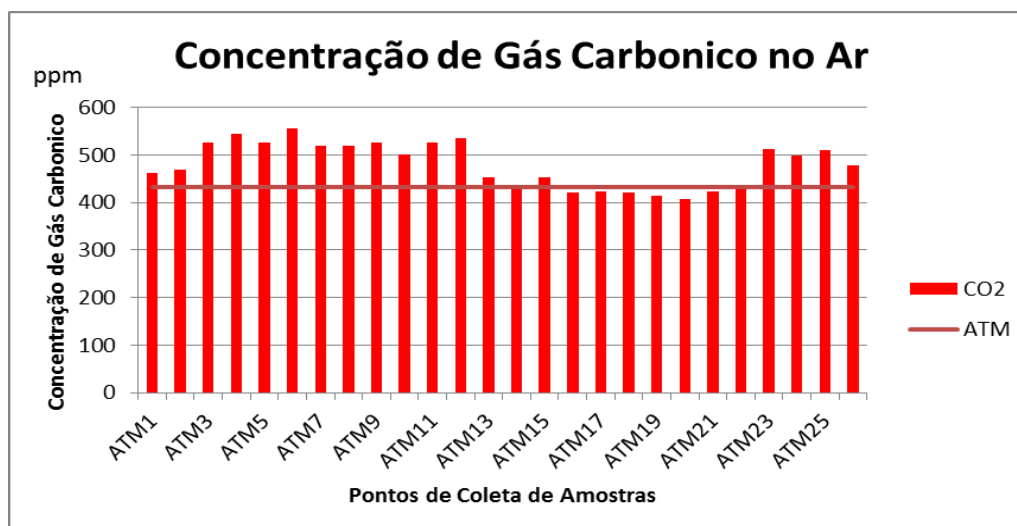


Figura 7. Concentração de CO₂ no ar atmosférico.

Vale destacar que as concentrações N₂O detectadas acima do aterro não foram significativas em relação a o ar atmosférico em outras localidades. Assim como pode ser visualizado na Figura 8.

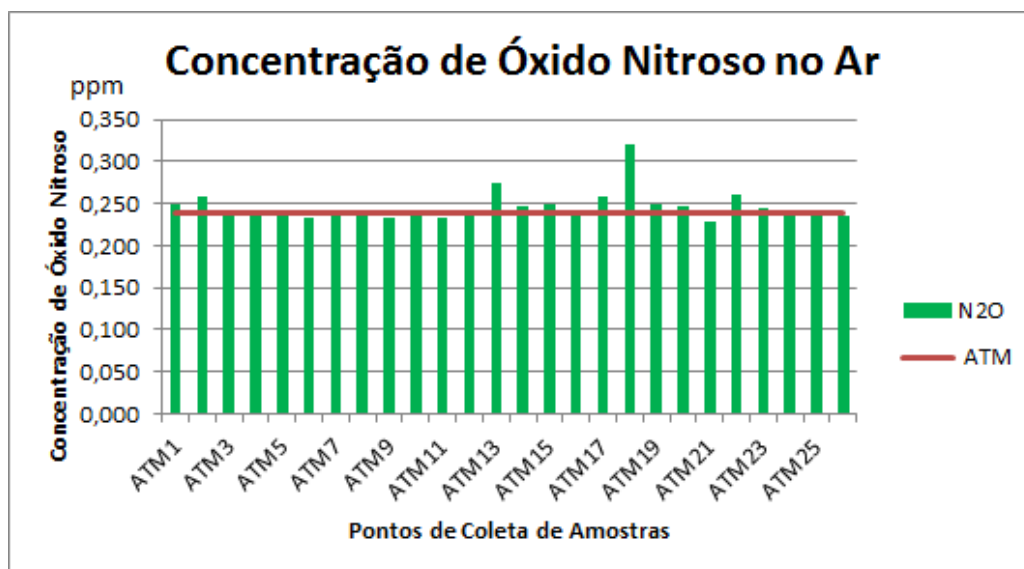


Figura 8. Concentração de N₂O no ar atmosférico.

Na Tabela 2 podem ser observados os valores máximos, mínimos e médios das emissões obtidas em cada um dos dias. O dia 27/11/2014 apresentou maior média de CH₄ e o dia 30/07/2014 a maior média de CO₂.

Tabela 2. Valores máximos, mínimos e médios das concentrações diárias.

Gases	Dia de Coleta	Numero de Amostras Coletadas por Dia	Média (g m ⁻² min ⁻¹)	Máximo (g m ⁻² min ⁻¹)	Mínimo (g m ⁻² min ⁻¹)
CH ₄	26/06/2014	2	36.7	66.4	7.1
	30/07/2014	6	51.1	72.6	27.3
	07/08/2014	4	32.3	65.3	16.9
	30/09/2014	5	79.5	144.4	5.6
	09/10/2014	5	17.5	46.2	2.1
	27/11/2014	4	110.1	124.8	94.5
CO ₂	26/06/2014	2	465.9	468.6	463.1
	30/07/2014	6	532.2	556.7	518.9
	07/08/2014	4	522.0	534.1	500.1
	30/09/2014	5	436.8	453.7	419.9
	09/10/2014	5	420.4	434.4	407.7
	27/11/2014	4	499.8	513.3	477.9

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

As maiores taxas de emissão relacionadas aos GEE foram constatadas em pontos onde havia grandes fissuras na camada de cobertura do aterro, no momento da coleta de amostras. Porém, mesmo em locais em que não havia fissuras, ainda que em menor quantidade, também foram detectadas emissões de tais gases.

Ao comparar os resultados de emissões encontrados neste estudo com outros, realizados no Brasil percebe-se no aterro de Seropédica foram detectadas emissões variando entre 2×10^{-3} a $12 \text{ g s}^{-1} \text{ m}^{-2}$, quais estão acima das detectadas por MACIEL, 2003, onde estas variaram entre 1,2 e $4,2 \times 10^{-3} \text{ g s}^{-1} \text{ m}^{-2}$, assim como em OLIVEIRA, et al, 2013, as taxas variaram entre 0 e $4 \times 10^{-4} \text{ g s}^{-1} \text{ m}^{-2}$.

Através da coleta de amostras de GEE na atmosfera acima do aterro foi possível verificar que as concentrações de CH₄ e CO₂ nesta região estão acima das encontradas no ar atmosférico fora de aterros sanitários,

especialmente para o gás metano. Porém, em relação ao N_2O , não foram constatadas concentrações significativas no ar acima do aterro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BISZEK, M. Evaluation of Measurement Methods and Estimation of Biogas Emission from Landfills. p. 27–43, 2006.
2. BOGNER, J. E.; BURTON, E. A. Kinetics of Methane Oxidation in a Landfill Cover Soil: Temporal Variations, a Whole-Landfill Oxidation Experiment, and Modeling of Net CH_4 Emissions. v. 31, n. 9, p. 2504–2514, 1997.
3. BÖRJESSON, G., SUNDH, I., TUNLID, A., & SVENSSON, B. H. Methane oxidation in landfill cover soils, as revealed by potential oxidation measurements and phospholipid fatty acid analyses. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(10-11), 1423–1433. doi:10.1016/S0038-0717(97)00257-5, 1998.
4. CHAKRABORTY, M., SHARMA, C., PANDEY, J., SINGH, N., & GUPTA, P. K. Methane emission estimation from landfills in Delhi: A comparative assessment of different methodologies. *Atmospheric Environment*, 45(39), 7135–7142. doi:10.1016/j.atmosenv.2011.
5. CHIRIAC, R., CARRÉ, J., PERRODIN, Y., VAILLANT, H., GASSO, S., & MIELE, P. Study of the dispersion of VOCs emitted by a municipal solid waste landfill. *Atmospheric Environment*, 43(11), 1926–1931. doi:10.1016/j.atmosenv.2009.
6. DI BELLA, G., DI TRAPANI, D., & VIVIANI, G. Evaluation of methane emissions from Palermo municipal landfill: Comparison between field measurements and models. *Waste Management (New York, N.Y.)*, 31(8), 1820–6. doi:10.1016/j.wasman.2011.
7. GOUVELLO, C; Estudo de baixo carbono para o Brasil, Banco Mundial, ESMAP, Brasília, DF, Brasil, 2010.
8. HEGDE, U.; CHANG, T.-C.; YANG, S.-S. Methane and carbon dioxide emissions from Shan-Chu-Ku landfill site in northern Taiwan. *Chemosphere*, v. 52, n. 8, p. 1275–1285, set, 2003.
9. JHA, A. K., SHARMA, C., SINGH, N., RAMESH, R., PURVAJA, R., & GUPTA, P. K.. Greenhouse gas emissions from municipal solid waste management in Indian mega-cities: a case study of Chennai landfill sites. *Chemosphere*, 71(4), 750–8. doi:10.1016/j.chemosphere.2008.
10. LAKHOUIT, A., SCHIRMER, W. N., JOHNSON, T. R., CABANA, H., & CABRAL, A. R. Evaluation of the efficiency of an experimental biocover to reduce BTEX emissions from landfill biogas. *Chemosphere*, 97, 98–101. doi:10.1016/j.chemosphere.2014.
11. OLIVEIRA, A. C. E., RITTER, E., MANNARINO, C., & CONSTANTINO, P. Evaluation Of Biogas Emission Through The Final Cover Layer Of The Waste Treatment Center Of Nova Iguaçu And Dump Of Seropédica, Rio De Janeiro Analyses. In S. M. di Pula (Ed.), *Proceedings Sardinia 2013* (pp. 1–10). Cagliari, Italy: Fourteenth International Waste Management and Landfill Symposium.
12. MACIEL, F. J. Estudo da Geração, Percolação e Emissão de Gases no Aterro de Resíduos Sólidos da Muribeca/PE. Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2003.
13. SPOKAS, K., BOGNER, J., CHANTON, J. P., MORCET, M., ARAN, C., GRAFF, C., MOREAU-LE GOLVAN, Y., HEBE, I. Methane mass balance at three landfill sites: what is the efficiency of capture by gas collection systems? *Waste Management (New York, N.Y.)*, 26(5), 516–25. doi:10.1016/j.wasman.2006.
14. STAUB, M. J., MARCOLINA, G., GOURC, J.-P., & SIMONIN, R. An incremental model to assess the environmental impact of cap cover systems on MSW landfill emissions. *Geotextiles and Geomembranes*, 29(3), 298–312. doi:10.1016/j.geotextmem.2011.
15. TCHOBANOGLOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. Integrated Solid Waste Management – Engineering Principles and Management Issues. IRWIN/McGRAWHILL, USA, 1993.