

III-426 - INTERFERÊNCIA DA TEMPERATURA NAS CONCENTRAÇÕES DE BIOGÁS EM BIORREATOR DE BANCADA

Kalina Lúgia de Souza Duarte⁽¹⁾

Doutoranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE – UFRJ). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

Elder Sandro Porto dos Santos⁽²⁾

Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

Elaine Patrícia Araújo⁽³⁾

Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais (UFCG). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental (UFCG). Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais (UFCG). Especialista em Gestão Ambiental (UEPB). Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas (UEPB).

Veruschka Escarião Dessoles Monteiro⁽⁴⁾

Professora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande. Doutora em Engenharia Civil (Geotecnia) pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Márcio Camargo de Melo⁽⁵⁾

Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UFCG – Campina Grande (PB), Brasil. Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais, pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Endereço⁽¹⁾: Rua Antônio de Albuquerque, 553 - Bairro Jardim América - Rio de Janeiro - Rio de Janeiro - CEP: 21240 - 410 - Brasil - Tel: +55 (21) 986877659 - E-mail: kalinald@yahoo.com.br.

RESUMO

A temperatura influencia diretamente no comportamento microbiano dos processos fermentativos, interferindo nos demais parâmetros referentes a estes processos. Estudar a relação da temperatura externa e interna durante a digestão anaeróbia é importante, uma vez que esta pode aumentar o desempenho dos biorreatores anaeróbios, e assim elevar as concentrações de metano presentes no biogás e também reduzir as substâncias tóxicas liberadas ao ambiente durante o processo degradativo dos resíduos. Este trabalho teve como objetivo estudar a interferência da temperatura nas concentrações de biogás dos resíduos orgânicos. Para isso, foi confeccionado um biorreator de bancada nas dependências da Universidade Federal de Campina Grande, com seção transversal circular em tubos de PVC com dimensões de 0,90 m de altura e 0,2 m de diâmetro interno, com um volume de 0,028m³ (28L). Os resultados obtidos nesta pesquisa demonstraram que condições impostas ao biorreator anaeróbio durante o tratamento dos resíduos orgânicos foram fundamentais para obtenção de altos percentuais de CH₄ no biogás. As variações nas temperaturas, observado durante todo o processo, provocou uma desestabilização na massa de resíduo, influenciando negativamente na composição do biogás, uma vez que a concentração de CH₄ foi extremamente baixa, enquanto o CO₂ registrou valores de até 90%.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Orgânicos, Digestão Anaeróbia, Biorreator, Biogás, Temperatura.

1. INTRODUÇÃO

Devido à alta demanda energética, tem-se buscado fontes alternativas de energia com o intuito de complementar as fontes já existentes e assim minimizar os problemas ocasionados pela escassez de eletricidade, e também diminuir os impactos ambientais negativos provocados pelas demais fontes de energia. Uma das formas de se produzir energia térmica e/ou elétrica é através do tratamento dos resíduos sólidos orgânicos em biodigestores ou biorreatores, uma vez que esses equipamentos são hermeticamente fechados, o que impede a entrada de ar para o meio interno, contribuindo assim para o desenvolvimento de micro-organismos produtores de metano (CH₄). Porém, a degradação dos resíduos ocorre em vários estágios bioquímicos consecutivos, cada qual realizado por diferentes grupos de micro-organismos específicos. Vários produtos intermediários são continuamente gerados e imediatamente processados, havendo a necessidade dos

vários estágios ocorrerem na mesma velocidade a fim de evitar distúrbios, como o acúmulo de ácidos, que pode resultar na falência do reator. Assim é importante que haja um controle das condições ambientais e operacionais dos reatores durante o processo da digestão anaeróbia.

A temperatura é um parâmetro físico importante a ser observado na digestão anaeróbia, uma vez que esta pode alterar a atividade metabólica dos micro-organismos, influenciar nas taxas das reações enzimáticas e desnaturar enzimas e proteínas em geral (MENEZES, 2012). Segundo Melo (2011), as temperaturas no interior da massa de resíduos influenciam na atividade microbiológica, ocorrendo faixas ótimas de degradação para cada grupo de micro-organismo. Van Elk (2007) relata que, quanto maior a temperatura, entre 30 a 55°C maior será a atividade bacteriana e, conseqüentemente, a geração de CH₄, porém alguns autores sugerem distintas faixas de temperatura para otimização da geração de biogás.

As bactérias metanogênicas são micro-organismos extremamente sensíveis às variações bruscas de temperatura, devendo ser corrigidas, imediatamente, logo que verificadas. A queda brusca de temperatura no biorreator, por exemplo, pode causar uma redução progressiva na produção de biogás, até a parada total do processo (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008; NEVES, 2010).

Em países de clima tropical, a velocidade de decomposição dos resíduos pelos micro-organismos é maior que nos países de clima temperado, existindo também diferenças através das mudanças sazonais e diurnas, que segundo Lima (2004), no inverno chega a ser aproximadamente 50% menor que no verão. Assim, percebe-se que o Brasil por ser um país de clima tropical, oferece condições favoráveis à produção de biogás através do tratamento dos resíduos sólidos orgânicos, utilizando biorreatores anaeróbios.

De acordo com Barcelos (2009), no Brasil são produzidos cerca de 100.000 t.dia-1 de RSU, sendo que apenas 10% deste quantitativo recebem tratamento e/ou disposição final adequada. Desse quantitativo, cerca de 60% (percentagem em peso) é de matéria orgânica putrescível, passível de fermentação. Sendo assim, em torno de 60.000 t.dia-1 de matéria orgânica são dispostas irregularmente, gerando impactos ambientais negativos, sendo apenas um pequeno quantitativo desta matéria orgânica utilizada para a produção de biogás para fins energéticos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a interferência da temperatura nas concentrações de biogás dos resíduos orgânicos, e para isso foi confeccionado 1(um) biorreator de bancada nas dependências da Universidade Federal de Campina Grande, no Laboratório de Geotecnia Ambiental do Departamento de Engenharia Civil para estudar a interferência da temperatura nas concentrações de biogás a partir de resíduos orgânicos advindos de uma Escola de Nível Médio da Cidade de Campina Grande/PB.

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização da área de estudo

O projeto foi desenvolvido na Universidade Federal de Campina Grande, localizada na mesorregião Agreste do Estado da Paraíba, nos laboratórios de Geotecnia Ambiental (GGA) e de Saneamento, mediante parceria entre a Universidade Federal de Pernambuco, e a Escola Estadual de Ensino Médio Severino Cabral, Campina Grande.

2.2 Procedimento experimental

O procedimento experimental utilizado nesta pesquisa constituiu das etapas de construção do biorreator de bancada, instrumentação, testes, ajustes, enchimentos, coleta de amostras de resíduos orgânicos e monitoramento dos parâmetros de temperatura e concentrações dos gases.

2.2.1 Construção e Instrumentação do Biorreator

Foi confeccionado um biorreator de bancada com seção transversal circular em tubos de PVC (Figura 1), com dimensões de 0,90 m de altura e 0,2 m de diâmetro interno, com um volume de 0,028 m³. Esse formato em

estrutura cilíndrica rígida com seção transversal circular facilita a distribuição dos resíduos no seu interior e as pressões laterais na parede interna dos biorreatores.

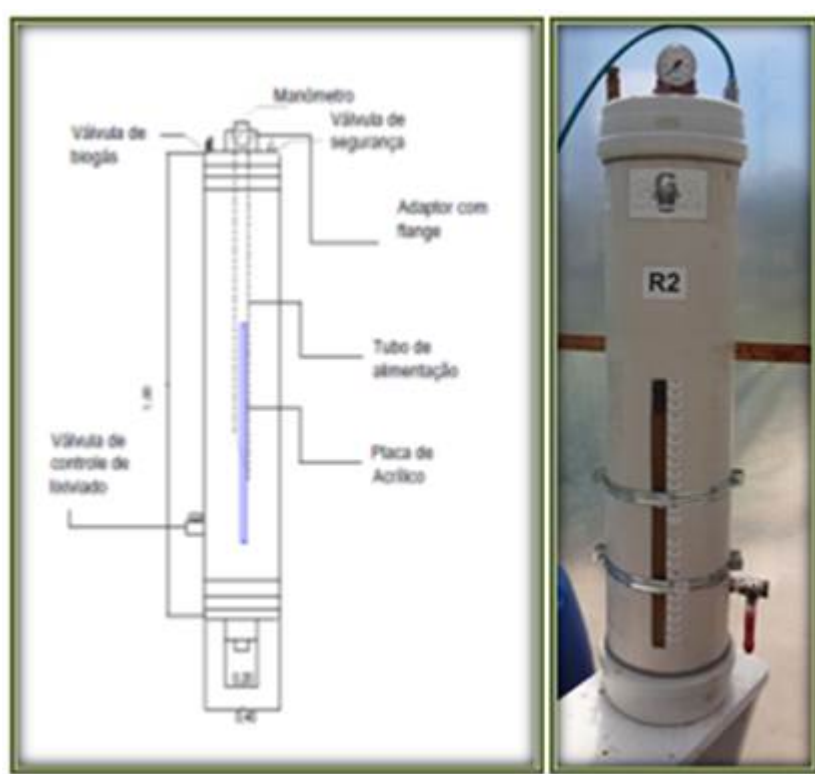


Figura 1: Esquema geral do biorreator de bancada utilizados na pesquisa.

Para o desenvolvimento de microrganismos anaeróbios o sistema foi isolado hermeticamente com o uso de dois caps nas extremidades superior e inferior do biorreator de bancada (Figura 1). No cap superior, foi introduzido um manômetro de $3,0 \text{ kgf/cm}^2$; uma válvula de segurança; uma válvula para saída do biogás, que foi utilizada durante as leituras das concentrações dos gases. E, para diminuir a entrada de ar durante a realimentação do biorreator, foi inserido um adaptador com flange, acoplada a um tubo de 0,04 m de diâmetro e altura 0,70 m, por onde os resíduos sólidos orgânicos e o inóculo (esterco bovino) a 15% foram adicionados.

Na lateral do tubo foi inserida uma válvula de esfera para retirada das amostras, e na parte frontal, colocou-se uma placa de acrílico transparente, para observar o nível do líquido presente no biorreator de bancada.

2.2.2 Enchimento do Biorreator de Bancada

Após o processo de trituração dos resíduos orgânicos, retirou-se uma amostra de 25 Kg desse material e adicionou-se 14 L de água destilada, para estabelecer condições de umidade inicial. Em seguida, a amostra foi submetida à adição de 3,750 Kg de esterco bovino (inóculo), o que corresponde a 15% da massa de resíduos.

Posteriormente, retirou-se 15L da mistura (matéria orgânica triturada + esterco + água) (Figura 2 A) e procedeu-se o enchimento do biorreator com ajuda de um funil de plástico (Figura 2 B).

Deve-se salientar que esterco bovino é um inóculo em potencial já que os microrganismos metanogênicos representam cerca de 40% de sua micro fauna (PRAMOD, 2011). Além disso, é um resíduo que pode ser adquirido sem custo algum ou muito baixo. O esterco foi coletado no Distrito de Ribeira, Cabaceiras – PB, e armazenado em saco plástico em temperatura ambiente até a sua utilização como inóculo.



Figura 2: (A) Mistura dos resíduos (matéria orgânica + esterco + água) e (D) enchimento dos biorreatores.

2.2.3 Construção da Estufa

Com o intuito de aumentar a temperatura interna do biorreator, construiu-se uma estufa dentro da própria UFCG, no campus de Campina Grande (Figura 3). Essa estufa foi confeccionada em madeira e revestida com filme plástico extra longa vida, 150 micras de espessura, contendo aditivos anti-UV.

Em dias de alta incidência, a estufa apresentava diferenças de até 15°C em relação à temperatura externa, o que promovia também um aumento na temperatura da mistura de resíduos contida dentro dos biorreatores, favorecendo o processo de degradação dos resíduos pelos micro-organismos.



Figura 3: Estufa para aumento da temperatura interna do biorreator.

2.2.4 Monitoramento da Temperatura

O monitoramento da temperatura no interior dos biorreatores foi realizado *in situ* com o auxílio de um termômetro conectado a um termopar instalado na parte inferior de cada biorreator.

Para medição foi utilizado um termômetro digital MT-600 com precisão de leitura de aproximadamente 0,1% e a ele foi conectado aos termopares, que consistem em um par de metais de cobre e cromo unidos em uma ponta, que são sensíveis à temperatura, gerando desta forma uma corrente elétrica proporcional à temperatura. E para monitorar a temperatura ambiente, ou seja, a temperatura dentro da estufa utilizou-se um termômetro de mercúrio -016116. A Figura 4 mostra os termômetros utilizados nesta pesquisa.

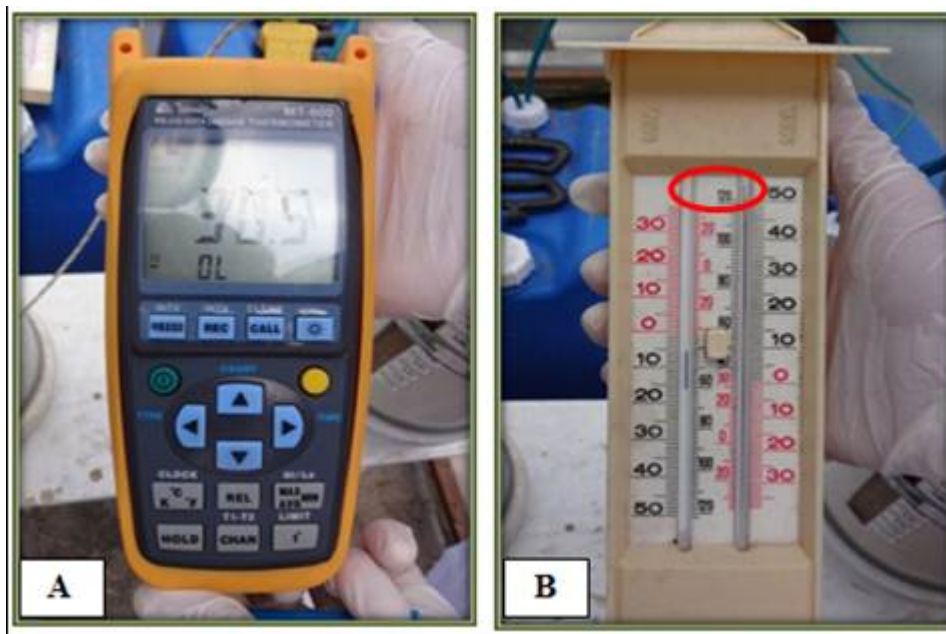


Figura 4: Termômetros utilizados na medição das temperaturas: (A) temperatura interna dos biorreatores, (B) temperatura ambiente.

2.2.5 Monitoramento dos gases

O monitoramento das concentrações dos gases nos biorreatores de bancada foi realizado através do equipamento Drager X-am 7000, as leituras da concentração dos gases (CH_4 , CO_2 , O_2 , H_2S e CO) no interior dos biorreatores de bancada foram realizadas *in situ* (Figura 5), acoplando-se diretamente o aparelho ao biorreator, interligado pelo detector automático de gases com infravermelho do Drager.



Figura 5: Leitura das concentrações dos gases através do equipamento Drager.

O resultado das concentrações obtido pelo método do Drager é em torno de 5 minutos, ou até a estabilização das leituras, com as faixas de medição de acordo com a Quadro 1, para esse tipo de equipamento, tornando as análises viáveis pela praticidade, rapidez e pela margem de erro que é de apenas 5%, além de possibilitar medições *in situ*.

Quadro 1: Características do equipamento de medição das concentrações dos gases.

Equipamento	Gases	Parâmetro	Faixa de medição
DragerX-am 7000	CO ₂	Concentração	0 – 100%
	CH ₄		0 – 100%
	O ₂		0 – 25%
	CO		0 – 500 ppm
	H ₂ S		0 – 500ppm

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Temperatura

A Figura 6 apresenta a variação da temperatura ao longo do tempo de 146 dias de monitoramento do biorreator. Percebe-se que as temperaturas externas ao biorreator e a temperatura interna sofreram grandes variações, e muitas vezes não apresentaram semelhanças. Essas diferenças são justificadas, pois as leituras ocorriam no período da tarde, geralmente por volta das 13 horas, horário em que a temperatura da estufa estava mais elevada, chegando a atingir 50°C, que era a temperatura máxima que o termômetro poderia registrar. Outro horário de monitoramento, era em torno das 17 horas, horário em que a estufa (local de acondicionamento do biorreator) registrava temperaturas amenas, aproximadamente 26°C, e os resíduos orgânicos possuíam temperaturas mais elevadas, pois havia absorvido calor durante todo período do dia. A noite ocorria o inverso, tendo em vista que os biorreatores foram confeccionados em PVC, material não isolante térmico, o que permitia a troca de calor com o meio externo. Entretanto, o biorreator foi instalado numa região de clima quente, no qual oferece condições favoráveis a produção de biogás, pois a velocidade de decomposição dos resíduos pelos micro-organismos é maior que nos países de clima temperado, porém, Campina Grande/PB possui uma elevada amplitude térmica, resultante das diferenças de temperaturas diurnas e noturnas, fato esse que pode ser um fator negativo as bactérias metanogênicas. Conforme Deublein *et al.* (2008) e Neves (2010), as bactérias metanogênicas são organismos extremamente sensíveis às variações bruscas de temperatura, uma queda de temperatura no biorreator, pode causar uma redução progressiva na produção de biogás, até a estagnação total do processo.

Analisando ainda a Figura 5, também observa-se que as temperaturas internas do biorreator, embora tenha apresentado várias oscilações durante todo período de monitoramento, grande parte dos valores encontravam-se dentro da faixa de temperatura considerada ideal para o desenvolvimento dos micro-organismos, pois conforme Guedes (2007) e Qian *et al.* (2002) os micro-organismos aumentam o rendimento quando a temperatura está entre 35 e 45°C e que temperaturas fora desta faixa podem eliminar esses organismos. Porém, em estudo desenvolvido por Menezes (2012), no qual verificava a influência das temperaturas ambiente, variando esta de 21,5°C, 40° e 50°C, e diferentes concentrações de sólidos totais na digestão anaeróbia dos resíduos sólidos orgânicos vegetais (RSOV) em reatores anaeróbios, observou-se que o tratamento que melhor favoreceu o processo de digestão anaeróbia foi para os reatores com temperatura ambiente (21,5°C).

Verifica-se, ainda, que nos primeiros 12 dias de monitoramento, praticamente as temperaturas permaneceram constantes, situando-se na faixa de 27°C, essas baixas temperaturas foram ocasionadas devido à estação do ano, já que se encontrava em meados de setembro, mês que registra temperaturas ainda baixas se comparados ao verão nos trópicos e em altas altitudes, caso da cidade de Campina Grande. Já a partir do 70º dia, são observadas temperaturas mais elevadas, acima dos 46°C, fato que é justificado, pois é o período em que ocorrem altas temperaturas do verão.

É importante enfatizar que a estufa foi construída com o intuito de elevar a temperatura local e assim criar um ambiente favorável para o desenvolvimento dos micro-organismos, e esse aumento de fato foi verificado, porém ela também contribuiu para as grandes variações de temperatura.

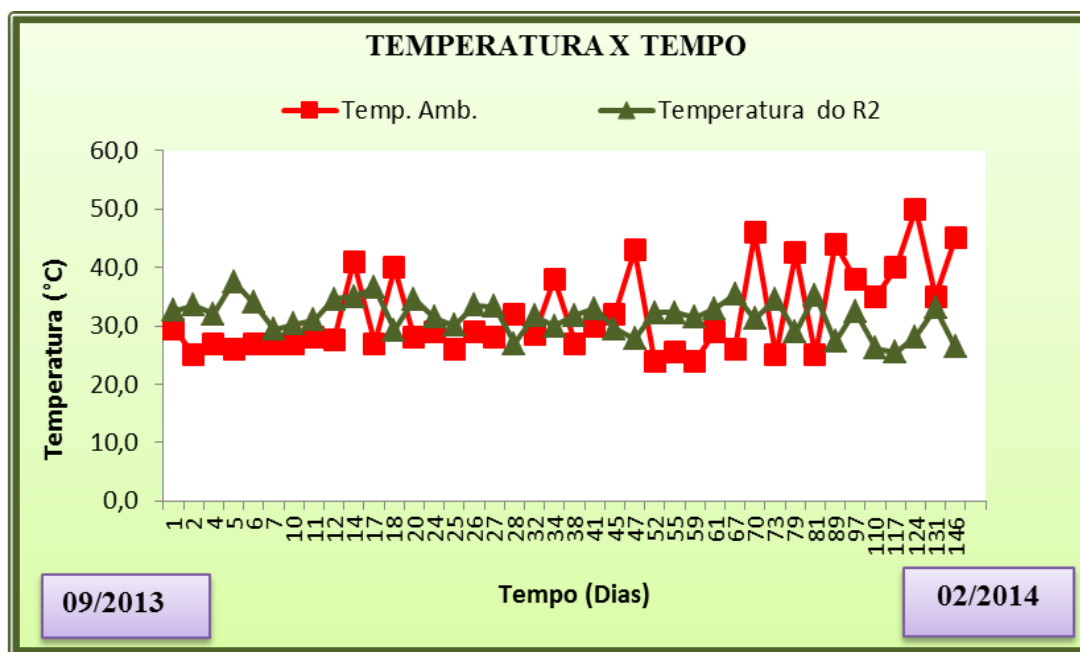


Figura 6: Temperatura do Biorreator em relação ao tempo.

3.2 Monitoramento dos Gases

A partir do monitoramento dos gases, pode-se avaliar o processo de degradação dos compostos orgânicos em paralelo com demais parâmetros monitorados e relacionar as interferências das variações da temperatura na produção de biogás. Os dados apresentados na Figura 7 são referentes aos valores das concentrações de O₂, CO₂ e CH₄. De uma maneira geral, os resultados mostraram altas concentrações de CO₂ e baixas de CH₄ para o biorreator estudado. Também verificou-se que as concentrações de O₂ aumentaram ao longo do tempo.

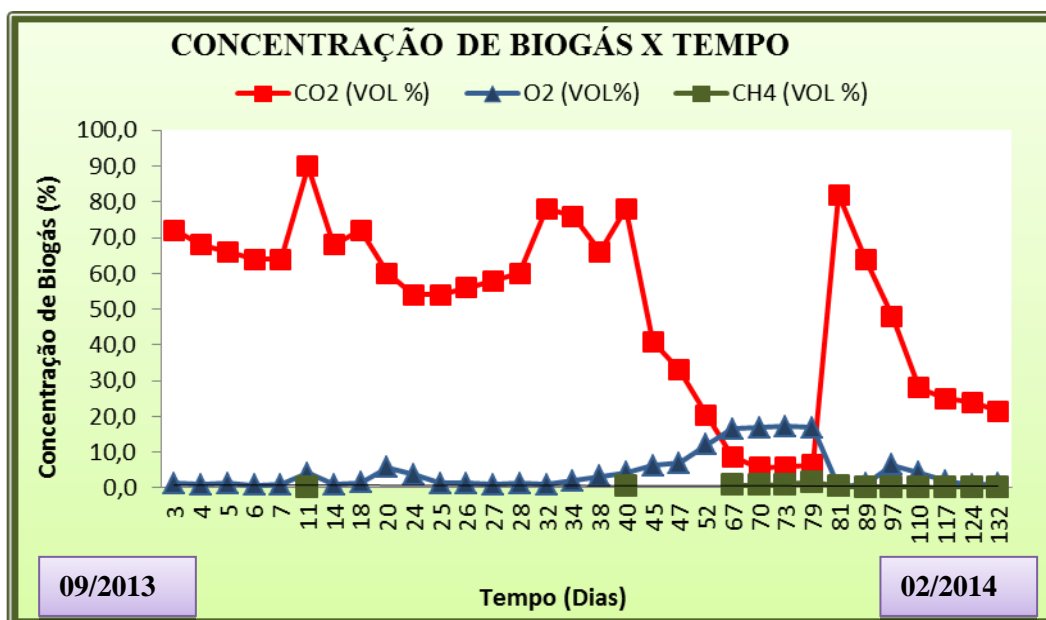


Figura 7: Concentração volumétrica (%) de O₂, CH₄ e CO₂ ao longo do tempo do Biorreator.

Como observado na Figura 7 o comportamento do metano e do dióxido de carbono foram bem distintos ao longo do tempo. Para o metano as concentrações variaram de 0,2 a 2%, bem abaixo do esperado. Para o CO₂ as concentrações variaram de 6% a 82%.

Um dos fatores que contribuiu para o elevado percentual de CO₂ e baixos valores de CH₄ foram as grandes variações nas temperaturas da estufa, no qual essa era transferida para a massa de resíduo, fazendo com que houvesse um ganho de temperatura durante o dia e uma perda no decorrer da noite, provocando um desequilíbrio nos micro-organismos presentes no biorreator, uma vez que as bactérias metanogênicas são bastante sensíveis as variações de temperatura, e essas são as grandes responsáveis pela produção de CH₄ no biogás.

Outro fator bastante importante no que se refere à produção de biogás é o fato de que, mesmo havendo elevados teores de matéria orgânica e micro-organismos, estes podem inibir a produção de biogás pela excreta de metabólitos intermediários. Conforme Poulsen (2003), a produção de biogás e sua composição estão intimamente ligados aos níveis da carga orgânica. Geralmente, quando o reator é sobrecarregado, este irá responder com um aumento imediato na produção de biogás, mas logo em seguida, poderá ocorrer uma diminuição repentina, pois os níveis de produtos inibidores (ácidos) são demasiadamente elevados e o pH tende a diminuir. Estes fortes desequilíbrios podem causar variações na composição do biogás, como mudança para níveis mais elevados de dióxido de carbono e hidrogênio, uma vez que não são consumidos rapidamente pela metanogênese.

4. CONCLUSÕES

As variações bruscas das temperaturas afetaram negativamente o desenvolvimento das bactérias metanogênicas no interior dos biorreatores, contribuindo nas baixas concentrações de metano, juntamente com as altas taxas orgânicas colocada no reator.

No que se refere à concentração dos gases, o CO₂ teve valores elevados e o metano valores extremamente baixos comparado com a literatura, e isso se deve as condições ambientais e operacionais verificadas nos dois biorreatores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARCELOS, B. R. Avaliação de diferentes inóculos na digestão anaeróbia da fração orgânica de resíduos sólidos orgânicos. 2009. 90p. Dissertação (Mestrado do Programa de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade de Brasília.
2. DEUBLEIN, D; STEINHAUSER, A. Biogas from waste and renewable resources: an introduction. Weinheim-Germany: Verlag Gmb H & Co. KGa A, 2008.
3. GUEDES, V. P. Estudos do fluxo de gases através do solo de cobertura de Aterro de Resíduos Sólidos Urbanos. 2007. 117 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Coordenação de Pós-Graduação de Engenharia – COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.
4. LIMA, L. M. Q. Lixo: Tratamento e Biorremediação. Hemus. 3. ed. Campinas. Brasil. 2004.
5. MELO, M. C. Influência da Matéria Orgânica nos Recalques de Resíduos Sólidos Urbanos Aterrados. 2011. 148 p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
6. MENEZES, J. M. C. Influência da concentração de sólidos totais e temperatura na bioestabilização anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos. 100 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental). Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2012.
7. NEVES, V. L. V. Construção de Biodigestor para Produção de Biogás a partir da Fermentação de Esterco Bovino. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Tecnologia de Araçatuba. Curso de Tecnologia em Biocombustíveis. Araçatuba, 2010.
8. PRAMOD, K. P.; PIUS, M. N.; MICHELLE, L. S.; ALLDREDGE, J. R.; MARVIN J. P. Efficacies of inocula on the startup of anaerobic reactors treating dairy manure under stirred and unstirred conditions. Biomass and Bioenergy. V.35, p. 2705-2720, 2011.
9. POULSEN, T. G. Anaerobic digestion. In Solid Waste Management. Aalborg University, Denmark. 2003.
10. QIAN, X., KOERNER, R.M. (2002). Gas collection and control Systems. Geotechnical Aspect of Landfill Design and Construction, New Jersey, Prentice Hall.
11. VAN ELK, A. G. H. P. Redução de emissão na disposição final In: _____. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo Aplicação a Resíduos Sólidos. 1. Ed. Rio de Janeiro: IBAMA, 2007.