

III-160 – ANÁLISE DE RECALQUES ASSOCIADA ÀS CONCENTRAÇÕES DE GASES EM UMA CÉLULA EXPERIMENTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Cláudio Luís de Araújo Neto⁽¹⁾

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

Jeovana Jisla das Neves Santos⁽²⁾

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Kellianny Oliveira Aires⁽³⁾

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

Márcio Camargo de Melo⁽⁴⁾

Biólogo pela Universidade de Caxias do Sul (UCS/RS). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutor em Ciências e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UFCG.

Veruschka Escarião Dessoles Monteiro⁽⁵⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Professora da Universidade Federal de Campina Grande no Departamento de Engenharia Civil (UFCG).

Endereço⁽¹⁾: Rua José Silveira, 52 - Centro – Salgado de São Félix - PB - CEP: 58370-000 - Brasil - Tel: (83) 9 8790 7200 - e-mail: claudioluisneto@gmail.com

RESUMO

Em aterros de resíduos sólidos urbanos, os recalques ou redução da altura e volume da massa de resíduos ocorrem, principalmente, devido à degradação da matéria orgânica realizada por microrganismos que participam da digestão anaeróbia. A transformação da matéria orgânica dos resíduos sólidos urbanos em metano e outros subprodutos é bastante complexa, e requer uma interação de diversas espécies microbianas. O objetivo deste trabalho é avaliar as relações entre as deformações de maciços sanitários e a geração de metano em uma célula experimental de resíduos sólidos urbanos que simula um aterro sanitário. O estudo abrangeu as etapas de construção, coleta, amostragem e enchimento da célula experimental com os resíduos sólidos urbanos da cidade de Campina Grande-PB. A célula experimental foi instrumentada com medidores de recalque superficial e em profundidade para leitura do deslocamento vertical da massa aterrada, dreno de gases e de líquidos, para realização do monitoramento. Os estudos mostraram que não há uma relação significativa dos recalques com a produção de metano, visto que os recalques seguem uma tendência de crescimento linear após 30 dias do início do monitoramento e a geração de metano, por outro lado, apresenta oscilações durante todo este período de monitoramento. Foram identificados problemas operacionais na estrutura da célula experimental que contribuíram para as oscilações verificadas nas concentrações de metano, afetando o processo de degradação e, consequentemente, na compressão secundária dos RSU, de forma a dificultar o estabelecimento de uma relação entre os parâmetros estudados.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos Urbanos, Metano, Recalques, Matéria Orgânica.

INTRODUÇÃO

Os aterros sanitários são considerados excelentes alternativas para disposição final de resíduos, embora alguns fatores afetem a sua operacionalidade e a qualidade ambiental, como os recalques diferenciais, a produção de lixiviados e emissões de gases. Segundo Stearns (1987) os recalques levam a uma redução de 25% a 50% da espessura dos aterros.

A geotecnia convencional define recalque como a deformação vertical que ocorre no solo devido à ação de uma tensão nele aplicada. Além disso, segundo Pinto (2006) o recalque total que atua em um solo corresponde à junção de recalques imediatos, primários e secundários. No recalque imediato a aplicação da tensão ocorre devido ao rearranjo das partículas enquanto que o recalque primário ocorre em virtude da dissipação do excesso de poro-pressão, típico de argilas moles saturadas e o recalque secundário ocorre devido à plasticidade do solo após dissipação do poro-pressão.

No que se refere aos aterros de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) o recalque é definido como a diminuição de altura devido ao peso próprio do lixo e ao fenômeno de biodegradação. Num aterro de resíduos ocorrem três tipos de recalques. O recalque imediato, logo após a disposição do lixo, quando ocorre o seu acomodamento devido ao peso das camadas sobrejacentes e equipamentos de compactação. Tem-se também o recalque proporcionado pelo peso próprio dos resíduos, denominado de recalque primário, que ocorre em função do fenômeno de adensamento (drenagem de gases e líquidos). Já o recalque proveniente da degradação biológica é denominado de recalque secundário. Este tipo de recalque pode ocorrer por toda a vida do aterro (MELO, 2011).

Mecanismos de recalques em aterros de RSU são muito complexos e menos entendidos do que em aterros de solos de graduação fina ou grossa. Isto pode ser atribuído em parte à natureza heterogênea, compressibilidade e grandes tamanhos das partículas de resíduos além da perda de massa devido à biodegradação (EDIL *et al.*, 1990). Quantificar tais recalques é importante, não só para o aproveitamento da capacidade real de armazenamento do aterro sanitário, mas também para fazer previsões durante a fase de projeto e para utilização do aterro após encerrada sua vida útil (MARIANO, 1999).

O biogás é uma mistura gasosa composta principalmente de metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), bem como vapor d'água e diversos gases traço (PERSSON *et al.*, 2006). De todos os componentes, o de maior importância é o metano, pois ele representa a parte combustível do biogás e, portanto, seu teor influencia diretamente nos processos biológicos.

A conversão microbiológica de resíduos sólidos em metano é bastante complexa, e requer uma interação cooperativa de diversas espécies microbianas (QUARESMA, 1992). O processo ocorre em diversas fases, e os acontecimentos envolvidos em cada uma delas influenciam diretamente nas concentrações de CH_4 gerados. Segundo Amaral (2004) há três grupos de microrganismos importantes, com comportamentos fisiológicos distintos, que participam da digestão anaeróbia da matéria orgânica, transformando-a em metano e outros subprodutos: as bactérias fermentativas, as bactérias acetogênicas e as *Archaeas* metanogênicas.

Desta forma, estudar e compreender as concentrações de metano encontrados no interior de células experimentais é de suma importância para se determinar o comportamento destas células e viabilizar processos de biodegradação mais eficientes, além de se ter um maior controle da estabilidade do aterro, que poderia levar à ruptura da geomembrana e danos no sistema de cobertura, com aparecimento de fissuras e a consequente emissão de gases para a atmosfera, além da entrada de águas pluviais, influenciando no processo de biodegradação no interior do aterro (LING, 1998). Logo, o presente trabalho tem como objetivo avaliar as relações entre as deformações de maciços sanitários e a geração de metano em uma célula experimental que simula um aterro sanitário.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da pesquisa construiu-se uma célula experimental em alvenaria de tijolos maciços, com diâmetro interno de 2,0 m e altura de 3,5 m, com volume de aproximadamente 11 m³. Apresenta um formato de estrutura cilíndrica rígida com seção circular, visando facilitar a distribuição e compactação dos resíduos no seu interior, uniformizar a distribuição das pressões laterais na parede interna da célula experimental, evitar caminhos preferenciais de percolação do lixiviado e reduzir a área de superfície lateral interna, diminuindo, o contato entre os resíduos e a parede interna. A estrutura foi apoiada sobre uma base de concreto, fixada com auxílio de argamassa. Em suas camadas de base e cobertura foi empregado um solo com características de impermeabilidade ($k = 10^{-7}$ cm/s), com o intuito de minimizar a migração de gases para longas distâncias.

A célula experimental possui um sistema de drenagem através de um tubo de PVC apoiado sobre o solo compactado e sob uma camada de pedra britada utilizada para promover o escoamento de lixiviados do interior da célula experimental. Além disso, foi dotado de uma instrumentação constituída de sistema de drenagem de líquidos e gases, piezômetro para medição do nível de líquidos, placas magnéticas circulares para medição de recalques superficiais e em profundidade e termopares para medição de temperatura em profundidade. O dreno de gases possui tubo externo de 100 mm que é utilizado para proteção de um segundo tubo de 40 mm, localizado no interior do primeiro. Ambos com pequenos orifícios por toda extensão para entrada do biogás. O espaço entre eles é preenchido com pedregulhos (brita) para minimizar a obstrução dos furos do tubo interior e, assim obter o biogás de todas as alturas da célula experimental. A saída superior do tubo é formada por uma torneira plástica rosqueada.

A Figura 1 mostra um croqui da célula experimental dotada de toda instrumentação para obtenção dos dados de monitoramento.

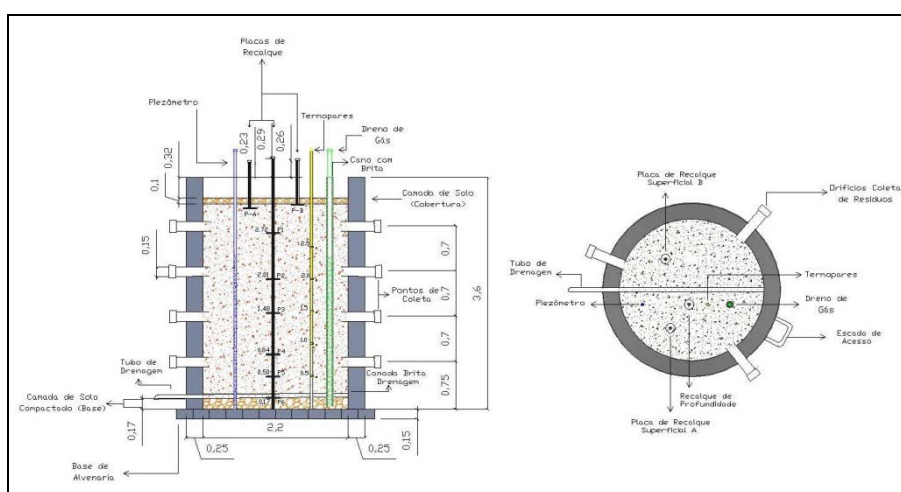


Figura 1: Croqui da Célula experimental.

Para o enchimento da célula experimental, fez-se um planejamento estatístico. Este plano baseou-se nas informações obtidas junto a Diretoria de Limpeza Urbana (DLU) e ao Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE). Para isso, foram utilizados dados do censo populacional do IBGE (2010), juntamente com dados da geração de resíduos da cidade na qual foi realizada a presente pesquisa e, em seguida desenvolveu-se uma metodologia de amostragem, com o intuito de representar fielmente a composição dos resíduos sólidos gerados na cidade.

As medições dos recalques ocorreram através placas circulares superficiais, todas confeccionadas em aço e revestidas com uma película anticorrosiva. O monitoramento dos recalques superficiais consistiu em esticar uma corda horizontalmente, fixando-a na borda da célula experimental que representava o referencial fixo das medições, em seguida com auxílio de uma trena realizou-se a medição da distância vertical entre a parte inferior da corda até o início das hastes.

As concentrações de CH₄ foram monitoradas através de medidas *in situ*, com detector portátil e automático de gases com infravermelho, denominado Drager X-am 7000. O equipamento é dotado de uma bomba que succiona o gás e direciona o fluxo para os sensores de leitura. Essa sucção é feita acoplando-se uma mangueira contida no Drager a um dreno de gás localizado na célula experimental. Este dreno é formado por tubos de PVC que possuem pequenos orifícios por toda sua extensão, que permitem a entrada do biogás. O Drager detecta as concentrações dos gases CH₄, CO₂, O₂, H₂S e CO, sendo os 3 primeiros dados em percentual e os 2 últimos em partes por milhão (ppm). No presente estudo, foram consideradas apenas as concentrações de gás metano.

RESULTADOS

Encontram-se representados na Figura 2 os resultados referentes às concentrações de metano e aos recalques ocorridos na célula experimental de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), ao longo do período de monitoramento.

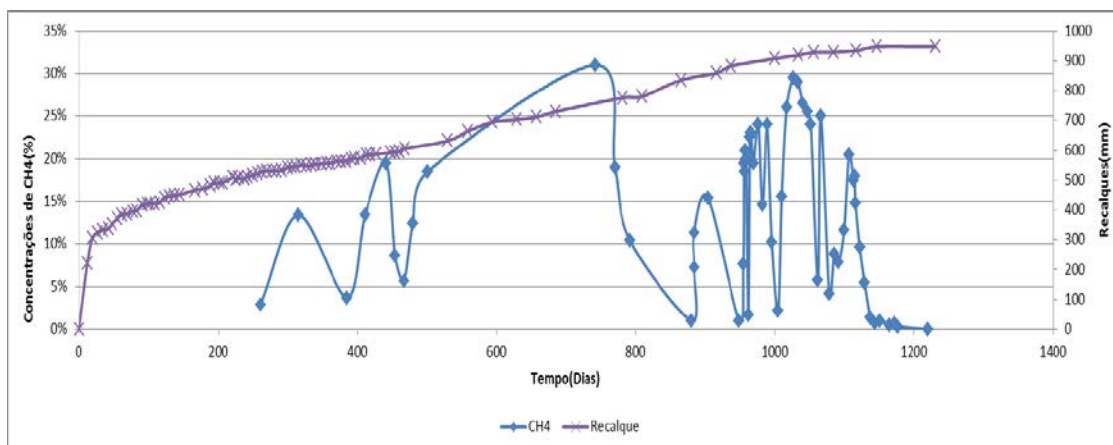


Figura 2: Concentração de metano e recalques ocorridos ao longo do tempo na célula experimental.

De acordo com a Figura 2, observa-se, de forma geral, que não há uma relação significativa dos recalques com a produção de metano, visto que os recalques seguem uma tendência de crescimento linear após 30 dias do início do monitoramento e a geração de metano, por outro lado, apresenta oscilações durante todo este período de monitoramento. Wall & Zeiss (1995) verificaram que no curto prazo (225 dias), pode não haver significativo aumento da compressão secundária, que ocorre devido a biodegradação. Mas, o aumento das taxas de degradação, durante um longo prazo pode ter consequências importantes sobre as concentrações de metano.

Observando, de forma isolada, no intervalo das concentrações de 15% a 20% tem-se maiores concentrações de metano, indicando que as *Archaeas* metanogênicas estão metabolizando os resíduos de forma mais intensa. Dessa forma, há degradação da matéria orgânica e os recalques ocorrem de forma mais acentuada. Há indícios de alguns recalques estarem associados à produção de biogás embora sejam necessários estudos mais aprofundados. Além disso, deve-se considerar o fato de que a célula experimental estudada apresentou alguns problemas operacionais em sua estrutura, como fissuras na camada de solo compactado utilizada como cobertura que permitiram a entrada de oxigênio, influenciando nas concentrações dos gases, principalmente do CH₄, pois a presença do oxigênio dificulta a atuação das *Archaeas* metanogênicas. Foi constatado que a célula experimental estava operando em condições desfavoráveis e que o acentuado recalque ocorrido na massa de resíduos favoreceu o surgimento de fissuras na camada de cobertura da Célula experimental, e propiciou o contato do resíduo com o ar atmosférico.

É possível verificar de forma pontual, na Figura 2, que inicialmente não há uma relação direta dos recalques com as concentrações de metano, porque os recalques inicialmente ocorrem devido a processos mecânicos e nesse momento ainda existem altas concentrações de oxigênio, estando numa fase de transição, da fase aeróbia para a anaeróbia.

Após o enchimento da célula experimental não houve o monitoramento inicial das concentrações de metano devido a problemas técnicos e operacionais, sendo iniciados apenas após 271 dias. Verifica-se uma certa descontinuidade das concentrações desse gás e os recalques permanecem com comportamento indiferente às variações das concentrações. Estes recalques ainda são reflexos dos processos mecânicos.

Desta forma, foi verificado que a Dessa forma, decidiu-se

Verifica-se na Figura 2 que entre 800 e 1000 dias, com aumento das concentrações de metano há aumento dos recalques, comprovando o que foi observado por Wall & Zeiss (1995), para um longo prazo. Em 800 dias, verifica-se diminuição das concentrações e um retardo dos recalques. Quando ocorre um aumento brusco nas

concentrações de metano, verifica-se um aumento dos recalques. Entre 800 e 1000 dias há oscilação nas concentrações e retardo nos recalques. Os recalques começam a ocorrer de forma mais discreta provavelmente porque os microrganismos presentes na célula experimental não estão metabolizando devido à grande instabilidade do ambiente interno da célula experimental, seja pela estabilização da matéria orgânica ou por fatores ambientais.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Não foi possível verificar relações significantes entre os recalques e as concentrações de metano;

Os problemas operacionais na estrutura da célula experimental contribuíram para as oscilações verificadas nas concentrações de metano, afetando o processo de degradação e, conseqüentemente, na compressão secundária dos RSU, de forma a dificultar o estabelecimento de uma relação entre os parâmetros estudados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMARAL, F. L. M. Biodigestão Anaeróbia dos Resíduos Sólidos Urbanos: Um Panorama Tecnológico Atual. São Paulo, 2004.
2. EDIL, T.B.; RANGUETTE, V.J.; WUELLNER, W. W. Settlement of municipal refuse. Geotechnics of waste fills – Theory and Practice. ASTM STP 1070. ASTM, Philadelphia, 1990, p. 225-239.
3. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contagem populacional. 2010.
4. LING, H.I., LESHCHINSKY, D., MOHRI, Y. & KAWABATA, T. Estimation of municipal solid waste landfill settlement. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, v.124, p. 21-28, 1998.
5. MARIANO, M. O. H. Recalques no aterro de resíduos sólidos da Muribeca. Recife, 1991. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1999.
6. MELO, M. C. Estudo da matéria orgânica nos recalques de resíduos sólidos urbanos aterrados. Campina Grande, 2011. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.
7. PERSSON, M.; JÖNSSON, O.; WELLINGER, A. Biogas upgrading to vehicle fuel standards and grid injection. IEA Bioenergy, Task 37 – Energy from Biogas and Landfill Gas, 2006
8. PINTO, Carlos de Souza. Curso básico de mecânica dos solos. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.
9. QUARESMA, M.Y. do V. Avaliação da eficiência e da qualidade dos resíduos gerados em biodigestores anaeróbios operados com cargas orgânicas crescentes e diferentes granulometrias de resíduos sólidos domésticos. São Paulo, 1992. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.
10. STEARNS, R. P. Settlement and gas control: two key post – closure concerns. Waste Age, 18(3), 1987, p. 55 – 60.
11. WALL, D. K.; ZEISS, C. Municipal Landfill Biodegradation and Settlement. ASCE Journal of Environmental Engineering. v. 121, n. 3, 1995, p. 214-223.