

MODELAGEM DE FLUXO MULTIFÁSICO EM ATERROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Paulo Victor Guerra Machado¹; Lícia Mouta da Costa²

Sumário: Após disposição em aterros sanitários, a massa de resíduos passa por processo de biodegradação da matéria orgânica, gerando como subprodutos o lixiviado e o biogás, que necessitam ser monitorados, tratados e/ou aproveitados para minimização dos impactos ambientais de tal atividade. Destaca-se então a relevância da análise de fluxo destes fluidos neste meio. Este projeto tem como objetivo realizar simulações numéricas de fluxos, tanto na massa de resíduos, como nas camadas de cobertura, a fim de avaliar a influência dos materiais, bem como distintas configurações e cenários desses aterros. Neste contexto foram analisados três casos semelhantes, adotando mesma geometria, mudando o material da camada de cobertura, para avaliar seu comportamento com relação a possibilidade de infiltração diante da ocorrência de precipitação. Os resultados obtidos indicam que com relação a infiltração, a camada que apresentou melhor desempenho foi a considerada como cobertura convencional, seguida pela metanotrófica e a barreira capilar.

Palavras-chave: aterro de resíduos; fluxo; modelagem numérica;

INTRODUÇÃO

Os aterros sanitários são espaços que tem como finalidade ser o destino final dos resíduos sólidos gerados pela atividade humana. Sua composição consiste em camadas alternadas de solo e resíduos. Suas técnicas são baseadas em normas operacionais específicas e em critérios de engenharia, tornando-se assim um local seguro, na visão ambiental e geotécnica. Os aspectos geotécnicos ambientais reforçam a investigação experimental de laboratório e campo, através do monitoramento e da observação nas obras destes aterros. Seguindo então este contexto, vários ensaios laboratoriais e *in situ* estão sendo realizados pelos pesquisadores do GRS (Grupo de Resíduos Sólidos) da área de Geotecnia da UFPE, responsáveis pelo desenvolvimento um programa de pesquisa, tendo como objetivo avaliar diversos aspectos relacionados ao comportamento destes aterros (Maciel, 2003; Firmo, 2008 e Lopes, 2011; Oliveira, 2013).

Com a presença dos resíduos nos aterros, sua massa passa por processo de biodegradação da matéria orgânica gerando como subprodutos o lixiviado e o biogás, que devem ser monitorados, tratados e/ou aproveitados para minimizar os impactos ambientais desta atividade. Destaca-se então a relevância da análise de fluxo destes fluidos neste meio.

Este trabalho tem como objetivo realizar simulações numéricas de fluxos, tanto na massa de resíduos, como nas camadas de cobertura, a fim de avaliar a influência dos materiais, bem como distintas configurações e cenários desses aterros.

MATERIAIS E MÉTODOS

Um dos programas computacionais utilizados nas análises foi o GID, software de pré e pós-processamento, que dispõe de uma interface gráfica que permite a visualização tanto da entrada de dados quanto da saída dos resultados. Através dele é possível representar de maneira fiel as características geométricas e físicas do aterro. Uma vez construída a geometria, passa-se para a geração da malha de elementos finitos, que tem a função de discretizar o aterro de modo a se aplicar às equações que regem o fluxo em meio poroso em cada elemento criado de forma sistemática, possibilitando a análise do problema via método computacional. Após o pré-processamento no GID tem-se o processamento no CODE_BRIGHT (COupled DEformation, BRine, Gas and Heat Transport). Neste

programa computacional, Olivella (1995) implementou as equações que regem o problema Termo-Hidro-Mecânico (THM) para um meio poroso deformável e multifásico.

Na preparação do modelo computacional é necessário estabelecer os valores das diversas propriedades dos materiais do aterro. Destaca-se que em um meio multifásico as propriedades de fluxo não são constantes, são função do grau de saturação, que por sua vez está relacionado a sucção (diferença de pressão dos fluidos). Neste trabalho a relação sucção x grau de saturação é modelada através da expressão de Van Genuchten, dada por

$$S_e = \frac{S_l - S_{rl}}{S_{ls} - S_{rl}} = \left[1 + \left(\frac{p_a - p_w}{P_0} \right)^{\frac{1}{1-\lambda}} \right]^{-\lambda}$$

onde S_{rl} é o grau de saturação residual, S_{ls} é o grau de saturação máximo e P_0 e λ são parâmetros do modelo, que neste trabalho foram obtidos a partir de resultados experimentais fornecidos por Lopes (2011), através de um processo iterativo no Matlab, desenvolvido por Justiniano (2015).

A permeabilidade de um fluido no meio multifásico é calculada pela expressão:

$$K = k k_{ra}$$

onde k é a permeabilidade intrínseca do meio e k_{ra} a permeabilidade relativa, modelada neste trabalho pela seguinte relação exponencial:

$$k_{ra} = S_e^3$$

onde, S_e é o grau de saturação efetivo.

RESULTADOS

O primeiro passo para resolução do problema é a definição da geometria do modelo numérico e a identificação das camadas de materiais encontrados no aterro. Os materiais considerados na análise foram o corpo do aterro e a camada de cobertura, conforme ilustrado na figura 1.

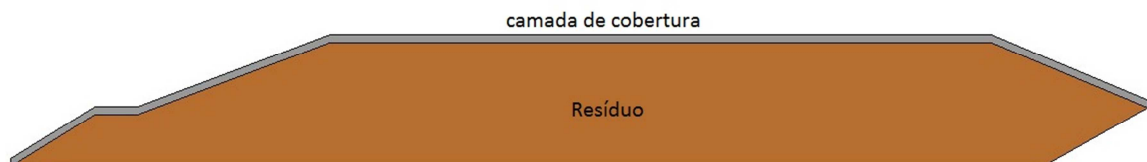


Figura 1 - Geometria da seção transversal do aterro analisada

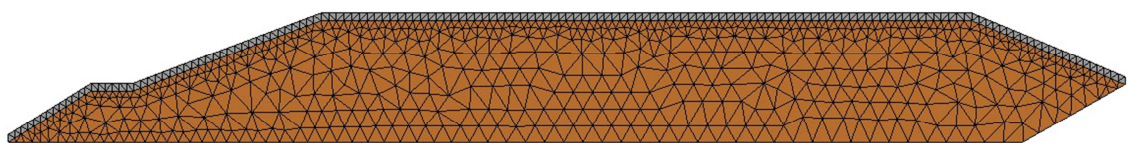


Figura 2 - Malha de elementos finitos utilizada nas análises

As propriedades hidráulicas necessárias para o modelo são apresentados nas tabelas 1 e 2

Tabela 1 – Parâmetros obtidos da curva de retenção modelada por Van Genuchten

Material	Resíduo	Cobertura convencional	Barreira capilar	Camada metanotrófica
P_0 (MPa)	0,04	1,8	1,2	0,15
λ	0,5	0,42	0,35	0,18

Tabela 2 – Permeabilidade intrínseca dos materiais

Material	Resíduo	Cobertura convencional	Barreira capilar	Camada metanotrófica
k (m ²)	1,0 x 10 ⁻¹²	1,5 x 10 ⁻¹⁶	4,4 x 10 ⁻¹⁵	9,0 x 10 ⁻¹⁵

Foram analisados três casos semelhantes, adotando mesma geometria e malha de elementos finitos, mudando o material da camada de cobertura, para avaliar seu comportamento com relação a possibilidade de infiltração diante da ocorrência de precipitação.

Os resultados obtidos indicam que com relação a infiltração, a camada que apresentou melhor desempenho foi a considerada como cobertura convencional, seguida pela metanotrófica e a barreira capilar.

DISCUSSÃO

No que se refere a infiltração de água através da camada de cobertura, os resultados sugerem que o fluxo está fortemente associado ao valor da permeabilidade intrínseca. A influência da curva de retenção parece ser de segunda ordem.

CONCLUSÕES

A partir deste projeto foi possível entender a importância da modelagem como uma ferramenta útil para compreensão da influência das propriedades do material no comportamento de fluxo no meio multifásico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à equipe do LMCG da UFPE que contribuiu bastante para o meu aprendizado, à minha professora orientadora e a todos os professores e colegas envolvidos neste projeto. Agradeço à PROPESQ por ter financiado a pesquisa proporcionando uma maior abrangência de minha vida acadêmica.

REFERÊNCIAS

Firmo, A. L. B. *Análise numérica de aterros de resíduos sólidos urbanos: calibração de experimentos em diferentes escalas*. 2008. 156 f. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

Lopes, R. L. (2011) *Infiltração de água e emissão de metano em camadas de cobertura de aterros de resíduos sólidos*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia Civil. Recife-PE. 250p.

Maciel, F. J. (2009) *Geração de Biogás e energia em aterros experimentais de resíduos sólidos urbanos*. Tese de doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. 355 p.

Olivella, S. (1995). *Nonisothermal Multiphase Flow of Brine and Gas Through Saline Media*. PhD thesis. Departamento de Ingeniería del Terreno, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

Oliveira, L. R. G. *Estudos das emissões de biogás em camadas de coberturas de aterros de resíduos urbanos*. 2013. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.