

CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DO SOLO UTILIZADO NA CAMADA DE COBERTURA DE UM ATERRO SANITÁRIO

Pablo da Silva Araujo¹
Elba Magda de Souza Vieira²
Raul Batista de Araújo Sousa³
Daniela Lima Machado da Silva⁴
William de Paiva⁵

^{1,2,3,4,5} Grupo de Geotecnia Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – Paraíba, Brasil, pabllosa@gmail.com
elba.msv8@gmail.com; raulbatista01@gmail.com
danielamachado33@gmail.com; wili123@ig.com.br

Introdução

No Brasil, a impermeabilização da cobertura de aterros sanitários tem sido executada em camadas de solo compactado na umidade ótima, principalmente, com solos argilosos, uma vez que a principal preocupação é promover uma camada de cobertura com baixa permeabilidade à água, evitando assim, a entrada de água e ar para o interior do maciço sanitário (CATAPRETA, 2008; CARVALHO et al., 2015).

Para avaliação da integridade e desempenho da camada de cobertura se faz necessário o controle tecnológico do solo, tendo como elementos a realização de ensaios laboratoriais e de campo, como a verificação da permeabilidade à água e do grau de compactação da camada executada (ARAUJO, 2017). Estas análises devem satisfazer à prerrogativa mínima exigida pela NBR 13896 (ABNT, 1997) que estabelece um coeficiente de permeabilidade à água do solo da ordem de 10^{-8} m/s, para verificação da adequabilidade do solo para uso em aterro sanitário. Vale salientar que, esta norma não especifica o tipo de solo a ser utilizado nem técnicas de execução das camadas de cobertura de aterros.

Diante disso, esse trabalho tem como objetivo a verificação da viabilidade técnica do solo utilizado no Aterro Sanitário, localizado no município de Campina Grande-PB, a partir do atendimento aos parâmetros mínimos definidos em regulamentações nacionais e internacionais.

Material e Métodos

Este trabalho está vinculado ao Monitoramento do Aterro Sanitário situado no município de Campina Grande-PB, realizado pelo Grupo de Geotecnia Ambiental (GGA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), a partir do convênio de N°. 001/2015, celebrado entre a empresa que opera o empreendimento, ECOSOLO – Gestão Ambiental de Resíduos Ltda., tendo como interveniente a Fundação Parque Tecnológico da Paraíba (PaqTcPB).

Área de estudo

A área de estudo deste trabalho está inserida no aterro sanitário localizado na Fazenda Logradouro II, no município de Campina Grande-PB. O Aterro está sob as coordenadas geográficas: Latitude de 7°16'46''S e Longitude de 36°00'45''W, situado nas proximidades do quilômetro 10 da rodovia PB-138, que liga a zona urbana de Campina Grande ao distrito de Catolé de Boa Vista (Figura 1). Em fase de operação desde o mês de julho de 2015, o aterro ocupa uma área total de 80 ha, e recebe cerca de 500 toneladas de resíduos/dia do próprio município e de outras cidades próximas à sede do aterro.



Figura 1. Localização do Aterro Sanitário segundo Araujo (2017).

O solo analisado é proveniente do leito de um reservatório vazio (barragem de terra), cuja distância média para o aterro é de 1,5 km, sob as coordenadas geográficas: Latitude de 7°16'49" S e Longitude de 35°59'58" W, e utilizado na camada de cobertura final dos resíduos da Célula 1. A camada foi executada com uma espessura variável de 0,60 m a 1,00 m, possui classificação do tipo convencional ou resistiva, ou seja, camada de solo lançada diretamente sobre os resíduos e confecção realizada com o espalhamento do material, utilizando o trator de esteira, não havendo o controle da compactação do solo.

Caracterização geotécnica

A caracterização geotécnica do solo utilizado na camada de cobertura do aterro sanitário baseou-se nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), entre elas, o procedimento de coleta de amostras deformadas - NBR 9604 (ABNT, 2016g), a preparação de amostras - NBR 6457 (ABNT, 2016a), a massa específica dos grãos de solo - NBR 6458 (ABNT, 2016b), o limite de liquidez - NBR 6459 (ABNT, 2016c), o limite de plasticidade - NBR 7180 (ABNT, 2016d), a análise granulométrica - NBR 7181 (ABNT, 2016e), a compactação proctor normal - NBR 7182 (ABNT, 2016f) e a permeabilidade à água a carga variável vertical - NBR 14545 (ABNT, 2000). Realizaram-se ensaios in situ, como o ensaio de massa específica aparente in situ, pelo método de cilindro de cravação - NBR 9813 (ABNT, 2016h) e o ensaio de infiltração por perda d'água, a partir de metodologia baseada na IN-09 (DEINFRA, 1994). A partir da realização dos ensaios de campo e de laboratório foi possível classificar o solo segundo o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS), obedecendo a norma D2487 (ASTM, 2011).

Verificação da viabilidade do solo

Após a realização dos ensaios de caracterização do solo foi possível observar a sua viabilidade de uso de acordo com as normas e regulamentações ambientais nacionais e internacionais, para compor a camada de cobertura final de aterros sanitários. Algumas das regulamentações podem ser vistas na Tabela 1.

Tabela 1. Características geotécnicas do solo para utilização em aterros sanitários

Norma reguladora	Permeabilidade à água (m/s)	Limites de consistência	Porcent. finos (%)	Espessura (m)	Classif. (SUCS)
CETESB (1993)	-	IP≥15% LL≥30%	>30%	-	CL, CH, SC e OH
Norma alemã (1993)	5x10 ⁻¹⁰	-	-	>0,50	-
ABNT (1997)	10 ⁻⁸	-	-	-	-
USEPA (2004)	10 ⁻⁹	IP: 7 - 15%	30 - 50%	0,30 - 0,60	-
FEAM (2006)	-	-	-	0,20 - 0,60	-

Fonte: Araujo (2017).

Resultados e Discussão

A partir da realização dos ensaios com o solo utilizado na camada de cobertura da Célula 1 do Aterro Sanitário, foi possível obter os seguintes resultados (Tabela 2). Estão apresentados a seguir, apenas os dados que foram observados nas normas e regulamentações ambientais nacionais e internacionais como critérios mínimos para viabilidade de uso do solo em aterros sanitários.

Tabela 2. Caracterização geotécnica do solo da camada de cobertura da Célula 1

Solo	Permeabilidade à água (m/s)		Limites de Consistência	Porcent. finos (%)	Espessura (m)	Classif. (SUCS)
	Laboratório	<i>In situ</i>				
Célula 1	$2,77 \times 10^{-8}$	$3,87 \times 10^{-8}$	LL= 32% LP= 24% IP= 8%	52,69	0,60 – 1,00	CL

Fonte: Araujo (2017).

A permeabilidade à água, verificada em laboratório ($2,77 \times 10^{-8}$ m/s) e em campo ($3,87 \times 10^{-8}$ m/s) apresentam valores coerentes com a NBR 13896 (ABNT, 1997), e próximo ao valor sugerido pela USEPA (2004), 10^{-9} m/s, e pela Norma Alemã (1993), 5×10^{-10} m/s. O reduzido coeficiente permeabilidade à água do solo pode ser explicado pela elevada porcentagem de finos (argila+silt), 52,69%. Os limites de consistência encontrados proporcionaram a classificação do solo como uma argila inorgânica de mediana plasticidade (CL), SUCS, estando dessa forma, em conformidade com a classificação proposta pela CETESB (1993).

Conclusão

A partir da caracterização geotécnica da camada de cobertura do Aterro Sanitário, pode-se concluir que o solo utilizado apresenta as condições mínimas exigidas pelas regulamentações ambientais e normas nacionais e internacionais, interpretando assim, sua viabilidade técnica como material de impermeabilização superficial dos resíduos sólidos urbanos confinados em células sanitárias.

Agradecimentos

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pelo apoio financeiro que possibilitou a realização deste trabalho, a ECOSOLO – Gestão Ambiental de Resíduos Ltda. e ao Grupo de Geotecnia Ambiental (GGA) da UFCG.

Referências

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6457, Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. 2016a.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6458, Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. 2016b.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6459, Determinação do limite de liquidez. 2016c.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7180, Determinação do limite de plasticidade. 2016d.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7181, Análise granulométrica. 2016e.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7182, Compactação - Procedimento. 2016f.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9604, Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas – procedimento. 2016g.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9813, Determinação da massa específica aparente *in situ*, com emprego de cilindro de cravação. 2016h.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13896, Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. 1997.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14545, Solo: determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável. 2000.
- ASTM. American Society for Testing and Materials. D2487, Standard practice for classification of soils for engineering purposes (Unified Soil Classification System). 2011.

- ARAUJO, P. S. Análise do desempenho de um solo compactado utilizado na camada de cobertura de um aterro sanitário. Dissertação (mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2017.
- CARVALHO, J. C. DE; GITIRANA JR., G. F. N.; MACHADO, S. L.; MASCARENHA, M. M. A.; SILVA FILHO, F. C. Solos não saturados no contexto geotécnico. 2015. Disponível em: <http://www.abms.com.br/livros/>.
- CATAPRETA, C. A. C. Comportamento de um aterro sanitário experimental: avaliação da influência do projeto, construção e operação. Tese (Doutorado). Curso de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Resíduos Sólidos Industriais. 2. ed. São Paulo: CETESB. 1993.
- DEISC. Departamento Estadual de Infraestrutura de Santa Catarina. IN-09, Instrução normativa para execução de ensaio de permeabilidade - ensaio de permeabilidade em furos de sondagem à percussão ou ensaio de infiltração. 1994.
- FEAM. Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais. Orientações básicas para a operação de aterro sanitário. Belo Horizonte: FEAM. 2006.
- TA. Siedlungsabfall: Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen. Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz. 1993.
- USEPA. United States Environmental Protection Agency. EPA-540-R-04-007, Technical guidance for RCRA/CERCLA final covers. 2004.