

## **CARACTERIZAÇÃO DO SOLO E PROPRIEDADES DE FLUXO DA CAMADA DE COBERTURA DE ATERRO SANITÁRIO DE CAMPINA GRANDE – PB.**

Isabelle Silva Antunes (1); Jeovana Jisla das Neves Santos (2); Kellianny Oliveira Aires (3); Maria Josicleide Felipe Guedes (4); Veruschka Escarião Dessoles Monteiro (5).

*1 Universidade Federal de Campina Grande, isabelle.s.antunes@gmail.com*

*2 Universidade Federal de Campina Grande, jeovana\_jisla@hotmail.com*

*3 Universidade Estadual da Paraíba, kelliannyaires@hotmail.com*

*4 Universidade Federal Rural do Semi-Árido, mjosicleide@ufersa.edu.br*

*5 Universidade Federal de Campina Grande, veruschkamonteiro@hotmail.com*

### **Introdução**

Os sistemas de cobertura em aterros de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) têm como função formar uma barreira física, com o propósito de reduzir a infiltração de água de precipitação, reduzir a proliferação de vetores, impedir o arraste de materiais pela ação dos ventos, facilitar a movimentação das máquinas e veículos sobre o aterro, proteger a saúde humana e o meio ambiente, minimizando as emissões de gases do efeito estufa para a atmosfera. Para Ferreira e Mahler (2006) a eficiência das camadas de cobertura influencia diretamente o processo de biodegradação dos resíduos, a geração e características físico-químicas do lixiviado e o controle de migração do biogás para a atmosfera. Desta forma, o sistema de cobertura final dos aterros de RSU deve garantir a estabilidade física, química e biológica, condicionando-os esses aterros a utilização futura, visto que a infiltração e a percolação dos líquidos dependem do tipo de solo que foi utilizado. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o solo da camada de cobertura de Aterro Sanitário em Campina Grande-PB e verificar se o solo analisado apresenta propriedade de fluxo favoráveis ao uso como liner de aterro.

### **Metodologia**

O campo experimental deste estudo é o Aterro Sanitário em Campina Grande (ASCG) localizado na Fazenda Logradouro II, distrito de Catolé de Boa Vista, município de Campina Grande-PB. Para realização dos ensaios de caracterização do solo da camada de cobertura foram realizadas coletas em 31 pontos, distribuídos na superfície da Célula 2 do aterro, de forma a se obter uma maior representatividade. Para coleta do material realizou-se um furo superficial de cerca de 0,15 m, para retirada de qualquer material que pudesse interferir nas análises, como raízes de plantas, matéria orgânica, dentre outros, em cada ponto de amostragem previamente definido. Em seguida, retirou-se uma amostra de solo de aproximadamente 0,5 kg. Posteriormente, as amostras coletadas foram destorroadas, homogeneizadas e secas seguindo as metodologias das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e EMBRAPA (2006). Obteve-se, assim, uma amostra composta de 15,5 Kg para a caracterização geotécnica desta camada. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Geotecnia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande conforme as seguintes normas da ABNT: preparação das amostras e teor de umidade (NBR 6457/2016), densidade “*in situ*” (NBR 981/2016), massa específica dos grãos (NBR 6458/2016), limites de consistência (liquidez - NBR 6459/2016, plasticidade - NBR 7180/2016), granulometria por peneiramento e sedimentação (NBR 7181/2016), compactação Proctor Normal (NBR 7182/2016) e permeabilidade à água (NBR 14545/2000).

## Resultados e discussão

Verificou-se que a maioria dos parâmetros obtidos para a camada de cobertura da Célula 2 encontra-se dentro dos valores mínimos permissíveis recomendados pelas normas nacionais, internacionais e regulamentações do saneamento nacional. Houve divergência apenas para o Limite de Liquidez, conforme regulamentação da CETESB (1993). Por outro lado, em relação ao percentual de finos, houve correspondência ao que está regulamentado pela CETESB (1993). Nacionalmente, há exigência em termos do coeficiente de permeabilidade à água.

O solo da Célula 2, apresentou um Limite de Liquidez (LL) de 25%, Limite de Plasticidade (LP) de 16% e Índice de Plasticidade (IP) de 9%. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Almeida et al. (2010) para o solo do Aterro Sanitário Municipal Oeste de Caucaia-CE (ASMOC), cujos valores foram LL de 26%, LP de 16% e IP de 10%. Segundo Guedes (2018), os resultados deste estudo são também condizentes com os valores determinados pela USEPA (2004) que exige para sistemas de cobertura de aterros sanitários um IP variando entre 7% e 15%, mas, no entanto, divergem dos valores estabelecidos pela CETESB (1993), que preconiza um LL maior ou igual a 30%. Com os valores dos limites de consistência e a análise granulométrica realizada, foi possível caracterizar o solo em estudo como areia argilosa – SC, conforme o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS ASTM D2487-11).

Com a realização do ensaio de compactação do tipo Proctor Normal, verificou-se umidade ótima de 12,40% e peso específico aparente seco máximo de  $18,70 \text{ KN.m}^{-3}$ . Valores semelhantes foram obtidos por Almeida et al. (2010), que obtiveram peso específico aparente seco máxima de  $18,90 \text{ KN.m}^{-3}$  e umidade ótima de 12,4%. Enquanto, Joaquim Junior (2015) observou peso específico seco máximo de  $16,70 \text{ KN.m}^{-3}$  e uma umidade ótima de 18,8%, para o solo denominado de “B”, na CTR Seropédica-RJ. Através da realização de ensaios de densidade “*in situ*” obteve-se um Grau de Compactação (GC) de 91,84%, o qual demonstra que o solo não se apresenta na sua máxima resistência, mas com situação correspondente a um menor índice de vazios e menor permeabilidade à água. De acordo com Mariano e Jucá (2010), os solos com Grau de Compactação superior a 90% apresentaram maior retenção de metano para as maiores profundidades. Esse parâmetro não possui regulamentação ou índices mínimos a serem atendidos para camadas de cobertura de aterros sanitários, entretanto, um GC de 91,84% representa uma boa compactação, uma vez que, a principal finalidade da camada de cobertura de solo compactado é a impermeabilização.

A boa graduação observada na distribuição granulométrica contribui para uma melhor impermeabilização do solo. Solos desse tipo também foram verificados por Magalhães et al. (2005), Mariano e Jucá (2010) e Oliveira et al. (2013) no Aterro Sanitário da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos (CTRS) de Belo Horizonte-MG, no Aterro de Aguazinha-PE e na CTR Nova Iguaçu-RJ, respectivamente. Ressalta-se ainda que este tipo de material está enquadrado nos tipos de solo, CL, CH, SC e OH, estabelecidos pela CETESB (1993) como adequados para camadas de cobertura de aterros sanitários.

Na distribuição granulométrica foi verificada a predominância de 69,7% de areia e percentual de silte + argila de 30,1%. As frações encontradas para cada tipo de material que constitui o solo da camada de cobertura da Célula 2 foram de 0,1% de pedregulho, 11,6% de areia grossa, 28,1% de areia média, 30,0% de areia fina, 13,6% de silte e 16,5% de argila. Esses valores indicam que o solo é caracterizado como de granulação grosseira. Joaquim Jr (2015) e Araujo e Ritter (2017) realizaram a análise granulométrica de dois tipos de solos utilizados em camadas de cobertura de células experimentais no Aterro Sanitário da Central de Tratamento de

Resíduos (CTR) Seropédica-RJ. O primeiro solo, denominado de “A”, apresentou 0% de pedregulho, 16% de areia grossa, 30% de areia média, 14% de areia fina, 30% de silte e 10% de argila. Já o segundo solo, denominado de “B”, era constituído de 4% de pedregulho, 14% de areia grossa, 24% de areia média, 12% de areia fina, 38% de silte e 8% de argila. Esses solos apresentaram teor de areia de 60 e 50%, respectivamente, caracterizando-se, também, como solos de granulação grosseira. Conforme Guedes (2018), é importante ressaltar que os finos quando preenchem os vazios decorrentes das partículas maiores, principalmente, quando o solo é compactado, contribuem para a formação de uma barreira mais eficiente à passagem de gases em camadas de cobertura de aterros sanitários.

O coeficiente de permeabilidade à água do solo, de  $8,01 \times 10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$ , demonstra correspondência com os valores indicados pelas normas da USEPA (2004), de  $10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$ , e pela NBR 13896 (ABNT, 1997), de  $10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$ . Além disso, Mariano e Jucá (2010) obtiveram resultados semelhantes para solos de camada de cobertura classificados como SC, cujos coeficientes de permeabilidade encontraram-se na faixa de  $10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$  a  $10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$  para o Aterro de Aguazinha-PE; inferior ao pesquisado por Joaquim Junior (2015) que observou valores de  $2,24 \times 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$  para o solo “A” e de  $7,90 \times 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$  para o solo “B”, na CTR Seropédica-RJ; e, superior ao medido por Lopes (2011), que obteve o valor de  $1,50 \times 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$  para camada convencional no Aterro da Muribeca-PE.

## Conclusões

Verificou-se através da caracterização geotécnica que o solo analisado apresenta características favoráveis ao uso como liner do Aterro Sanitário e, embora dois parâmetros não estejam em conformidade com as regulamentações apresentadas, pode-se considerar que o baixo coeficiente de permeabilidade determinado, associado a outras propriedades do solo, como Grau de Compactação razoavelmente elevado, podem contribuir para uso do solo na impermeabilização. O Grau de Compactação médio para a Célula foi de 91,84%, sendo este um dos fatores que podem contribuir para a redução das emissões de gases. É importante ressaltar que esse solo com essas características não permite a passagem excessiva de água o que é adequado para aterros sanitários. O solo foi classificado como areia argilosa (SC) e na distribuição granulométrica verificou-se a existência de grãos com diversos diâmetros que podem conferir ao solo, em geral, melhor comportamento sob o ponto de vista de engenharia, promovendo um maior entrosamento entre as partículas.

## Referências

- ALMEIDA, F. T. R.; SANTOS, G. O.; SILVA, R. A. C.; GOMES, C. C. Caracterização física do solo utilizado em camadas de cobertura no aterro sanitário de Caucaia-Ceará. **In: CONNEPI - Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação**. v. 2010, Maceió-AL, 6 p.
- ARAÚJO, T. T.; RITTER, E. Avaliação de emissões de biogás em camadas de cobertura de um aterro sanitário. **Ciências Exatas & Engenharia**, v. 6, n. 16, 2017, p. 34-49.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457**: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2016.
- \_\_\_\_\_. **NBR 6458**: Grãos de pedregulho retidos na peneira de 4,8 mm. Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2016.
- \_\_\_\_\_. **NBR 6459**: Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2016.
- \_\_\_\_\_. **NBR 7180**: Solo – Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro, 2016.
- 83
- \_\_\_\_\_. **NBR 7181**: Solo – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.

- \_\_\_\_\_. **NBR 7182**: Solo – Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro, 2016.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9813**: Determinação da massa específica aparente in situ, com emprego de cilindro de cravação. Rio de Janeiro, 2016.
- \_\_\_\_\_. **NBR 14545**: Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos à carga variável. Rio de Janeiro, 2000.
- CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Resíduos Sólidos Industriais**. 2. ed. São Paulo: CETESB, 1993. 233p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos**. Editado por FILIZOLA, H. F.; GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D. de. Jaguariúna-SP: Embrapa Meio Ambiente, 2006, 1. ed., 169 p. il. ISBN 85-85771-43-7.
- FERREIRA, M.A.S.; MAHLER, C.F. Avaliação do Solo das Camadas de Cobertura Intermediárias e Finais Estudo de Caso. In: **COBRAMSEG, 2006**. v. 3. p. 1377-1382.
- GUEDES, M. J. F. **Estudo das emissões de biogás em aterro de resíduos sólidos urbanos no semiárido brasileiro**. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2018.
- JOAQUIM JUNIOR, G. O. **Comparação de desempenho de sistemas de cobertura em relação à infiltração de água pluvial no aterro sanitário de Seropédica (RJ), durante a fase de operação**. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, 2015.
- LOPES, R. L. **Infiltração de água e emissão de metano em camadas de cobertura de aterros de resíduos sólidos**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Pernambuco, Recife-PE, 2011.
- MAGALHÃES, A. F.; SIMÕES, G. F.; COELHO, V. F.; LOPES, S. R. Avaliação das características físicas do solo da camada da cobertura final como substrato para a revegetação de aterros sanitários – estudo de caso para o aterro sanitário de Belo Horizonte, MG. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, 2005**, Campo Grande-MS. p. 18-23.
- MARIANO, M. O. H.; JUCÁ, J.F.T. Ensaio de campo para a determinação de emissões de biogás em camada de cobertura de aterros de resíduos sólidos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 15, n.3, 2010.
- OLIVEIRA, A. C. E.; RITTER, E.; MANNARINO, C. F. Diagnóstico e avaliação de emissões fugitivas de biogás na camada de cobertura final da central de tratamento de resíduos de Nova Iguaçu e do lixão de Seropédica, Rio de Janeiro. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, 2013**, Goiânia-GO. p. 1-8.
- OLIVEIRA, J. C. et al. Estudo de retenção de poluentes veiculados por lixiviados de aterros sanitários em solos argilosos. In: **CASTILHOS JÚNIOR, Armando Borges de et al. Alternativas de disposição de Resíduos Sólidos Urbanos para pequenas comunidades: Coletânea de trabalhos técnicos**. Florianópolis: Abes, 2002. p. 104.
- PINTO, C. S. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas**. 3. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2006. 367p.
- SANTOS, L. V. **Estudo da influência de uma bentonita em um solo residual para uso como camada selante**. Dissertação (Mestre) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Monitoring Approaches for Landfill Bioreactors**, eds. Tolaymat, T., Kremer, F., Carson, D. e Hoover, W.D., National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, Cincinnati, Ohio, EPA/600/R-04/301, 2004a.