

III-176 - RECALQUES DE RESÍDUOS SÓLIDOS DEVIDOS A CARREGAMENTO E PROCESSOS DE BIODEGRADAÇÃO

Ana Ghislane Henriques Pereira van Elk ⁽¹⁾

Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro -UERJ

Annik Frasso Corrêa Klink ⁽²⁾

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro -UERJ

Mariana Garcia Lima Bezerra de Araújo ⁽³⁾

Andreia Lima Gontijo ⁽⁴⁾

Nathália Bernardo do Amaral ⁽⁵⁾

Alunas de graduação do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro -UERJ

Endereço ⁽¹⁾: Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Rua São Francisco Xavier, 524-5029-F Rio de Janeiro - Brasil - Tel: Fone: +55 (21) 23340311- ramal 13- e-mail: anavanelk@gmail.com.

RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de analisar o comportamento compressivo dos resíduos sólidos urbanos em uma área selecionada do aterro sanitário Central de Tratamento de Resíduos (CTR) de Nova Iguaçu. Para tanto foi realizado um ensaio de carga e instalados 18 marcos superficiais para medir os deslocamentos verticais e horizontais. Através do monitoramento observa-se que os recalques verticais são bastante significativos, sendo os maiores recalques próximos ao ensaio de carga. Já os recalques horizontais, apresentaram valores muito baixos, podendo ser considerados praticamente nulos.

PALAVRAS-CHAVE: Compressibilidade, Recalques, Resíduos Sólidos Urbanos, Aterros Sanitários, Deslocamentos Horizontais.

INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), regulamentada pela Lei Federal 12.305/2010 recomenda o fim da disposição inadequada em lixões e aterros controlados. No entanto, apesar desta recomendação da PNRS em 2010, aproximadamente 40% dos resíduos ainda são vazados em lixões e aterros controlado segundo a ABRELPE (2017). De acordo com a PNRS os resíduos devem ser beneficiados e reaproveitados e só podem ser dispostos em aterros os rejeitos, sendo considerado rejeitos todos os materiais que não podem ser beneficiados, tratados, reaproveitados e reciclados. Diferentemente dos resíduos sólidos que podem ser usados inclusive como matérias primas para outros processos.

Adicional à necessidade de encerramento de lixões e aterros controlados exigidos pela PNRS 2010, o Brasil perfila-se entre os maiores consumidores mundiais, alcançando o 5º lugar no mundo. De acordo com a ABRELPE (2017) o Brasil gerou 78,3 milhões de toneladas de resíduos em 2016 e de acordo com o IBGE, 85% da população brasileira vive nas cidades, configurando, portanto, a necessidade de dar um destino adequado aos resíduos sólidos gerados. Embora o futuro aponte para a minimização desse tipo de disposição, os aterros sanitários constituem uma das formas de disposição de resíduos mais empregadas em todo o mundo, principalmente devido ao seu relativo baixo custo e a sua capacidade de conseguir um controle eficiente e seguro sobre os resíduos, PEREIRA (2000).

Hoje em dia há uma grande dificuldade de encontrar áreas para aterros sanitários, principalmente nos grandes centros urbanos e em municípios com áreas de proteção ambiental. Dentro dessa perspectiva os aterros são cada vez mais altos, podendo atingir mais de 100 metros de altura, evidenciando a necessidade de investigar a compressibilidade tanto da massa de resíduos, como da fundação, com vistas a preservar a estabilidade dos taludes e garantir a segurança do empreendimento (PEREIRA 2000).

O estudo do comportamento geomecânico dos resíduos é que suas características mudam com o tempo, devido fundamentalmente aos processos de degradação biológica dos materiais que os constituem e que estas variações são distintas em função da sua composição, da forma de disposição no aterro, da climatologia ou variações de temperatura e disponibilidade de umidade.

Esta evolução pode dar-se em dois sentidos: por um lado, os processos de consolidação podem ser causadores de um incremento da resistência do material e por outro a degradação bioquímica do material orgânico pode resultar em um aumento do índice de vazios gerando recalques adicionais e um enfraquecimento do maciço, PEREIRA (2000).

O comportamento compressivo dos resíduos é um assunto que intervêm múltiplos fatores que estão relacionados entre si e que o grau de conhecimento ainda é muito incipiente. Por isso, é importante o desenvolvimento de linhas de pesquisa sobre este tema já que à medida que a produção de resíduos e a população aumentam se faz necessário conhecer o comportamento destes materiais para poder garantir a estabilidade interna do aterro sanitário, cujas rupturas podem ter graves consequências em seu entorno e avaliar a reutilização de áreas de aterros cujas atividades de recepção de resíduos foram concluídas, para uso recreativo ou para a construção de outras estruturas com maiores requerimentos de estabilidade e deformabilidade, VAN ELK (2014).

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é analisar o comportamento compressivo dos resíduos sólidos urbanos através de realização de um ensaio de carga e medidas de recalques na área selecionada do aterro sanitário Central de Tratamento de Resíduos (CTR) de Nova Iguaçu.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área em Estudo

A Central de Tratamento de Resíduos Nova Iguaçu (CTR-NI), figura 1, teve sua operação iniciada em 13 de fevereiro de 2003, sendo o primeiro aterro sanitário licenciado no Estado do Rio de Janeiro e o primeiro do Brasil a ter um projeto de mitigação de gases de efeito estufa e geração de energia limpa a partir dos resíduos sólidos e venda de crédito de carbono aprovado através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), no âmbito do Protocolo de Quioto.

Com uma área de 120 hectares o aterro é composto por 4 vales, na época da realização desta pesquisa o aterro encontrava-se com os Vales I e III finalizados e o Vale IV em operação. O aterro recebe entre 3.500 a 6.000 toneladas diárias de resíduos sólidos. A área em estudo está localizada no Vale III. Esta área recebeu resíduos do tipo domiciliar e industriais classe II, incluindo lodos de estações de tratamento, durante o período de novembro de 2006 a fevereiro de 2014. A cota de fundação do Vale III é de 31m.

O aterro localiza-se no distrito de Vila Cava, a cerca de 10km do centro urbano da cidade de Nova Iguaçu, com acesso pela Rodovia Presidente Dutra, no Sentido Rio-São Paulo, através da Estrada de Adrianópolis (RJ-113) na altura do viaduto da Posse. A área faz divisa com a Subestação de 500 kV de Adrianópolis, de Furnas Centrais Elétricas S A.



Figura 1 – CTR Nova Iguaçu

Ensaio de Reconhecimento

Com o objetivo de investigar o local da maior concentração de lixiviado no aterro e auxiliar no estudo de sua permeabilidade foi executado um ensaio geofísico de eletrorresistividade. Este ensaio foi executado em todo o aterro em 2015 pela empresa Intergeo, encomendado pela empresa que administra este empreendimento, porém aqui se apresenta apenas os resultados do Vale III, área onde este projeto foi desenvolvido.

O método de eletrorresistividade é um dos recursos da geofísica para prospecção de subsolo em que determina a localização de seus diferentes componentes apresentando a vantagem de não ser invasivo. Trata-se de uma técnica de investigação horizontal, para várias profundidades aproximadamente constantes, a partir de medidas tomadas de forma indireta na superfície do terreno.

O ensaio foi realizado ao longo de perfis paralelos com distância de 25 m entre eles. O arranjo eletródico de seções utilizado neste trabalho foi o dipolo-dipolo e, neste arranjo, os eletrodos A e B de envio de corrente e os eletrodos M e N de potencial ou de recepção são alinhados sobre um mesmo perfil. O arranjo é definido pelos espaçamentos $L = AB = MN$, conforme mostra a figura 2.

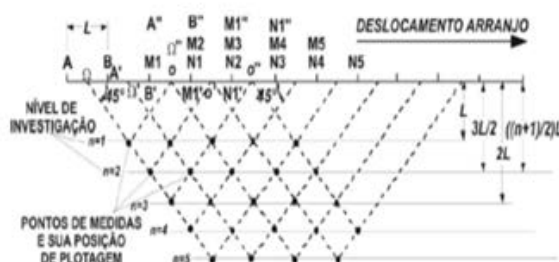


Figura 2 – Exemplo de arranjo utilizando da técnica Dipolo-Dipolo (Intergeo)

Os equipamentos utilizados foram dois conjuntos de equipamentos portáteis compostos por dois módulos, um de transmissão de corrente alimentado por baterias e outro de recepção, designado eletrorresistivímetro, da marca ABEM – AC. Como acessórios utilizaram-se fios de conexão, cabos e eletrodos metálicos para o envio de corrente e leitura das diferenças de potencial.

Ensaio de Carga e Monitoramento

A primeira etapa deste trabalho consistiu na seleção da área para o desenvolvimento do estudo da compressibilidade dos resíduos.

A segunda etapa consistiu na instalação dos marcos superficiais destinados à campanha de auscultação. Foram instalados 18 marcos superficiais. Logo após sua instalação foi tomada a medida inicial de referência e executado o ensaio de carga. Este consistiu em um talude de terra, construído em camadas, dispostas e espalhadas por uma máquina niveladora, sem compactação. O ensaio de carga tinha as seguintes dimensões: 20 m de comprimento, 10 m de largura e 2 m de altura. A distribuição dos marcos e as dimensões do ensaio de carga estão detalhadas na figura 3. Na figura 4 mostra a execução do ensaio de carga. O talude de terra representa uma sobrecarga de 32 kN/m². As medidas de recalques, efetuadas com o auxílio de um topógrafo, foram realizadas quinzenalmente no primeiro mês de instalação dos marcos superficiais e na sequência, mensalmente.

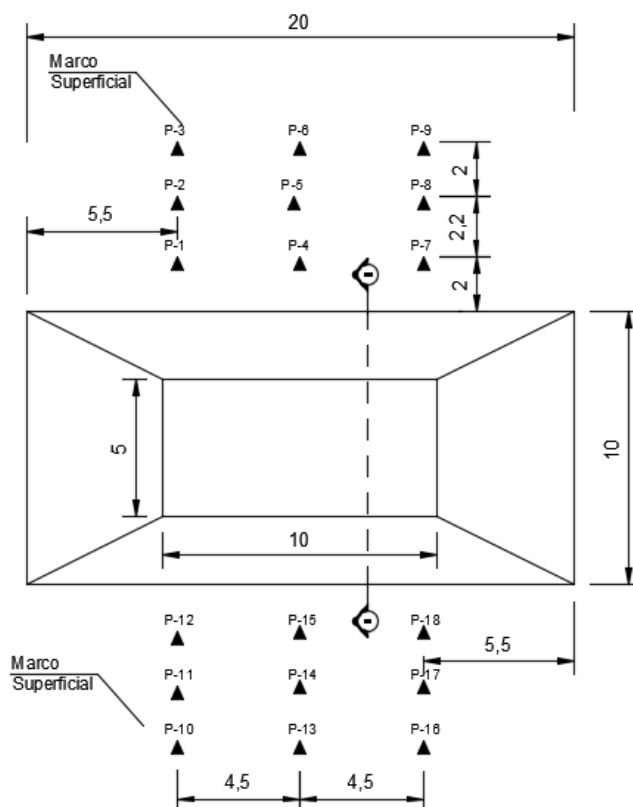


Figura 3: Planta do ensaio de carga e localização dos marcos superficiais



Figura 4 - Confeção do ensaio de carga

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio Geofísico

Através da figura 5 observa-se os valores de resistividade elétrica para os diferentes componentes do subsolo. A linha 3 da figura 5 mostra a área estudada, próxima ao ensaio de carga. Por intermédio delas é possível identificar o acúmulo de lixiviado no aterro. Os locais representados com cores frias são considerados de baixa resistividade elétrica, que representam os locais onde há um acúmulo de lixiviado. Já os locais representados com cores mais quentes, qualificados de alta resistividade, predominam os locais onde predominam os resíduos sólidos.

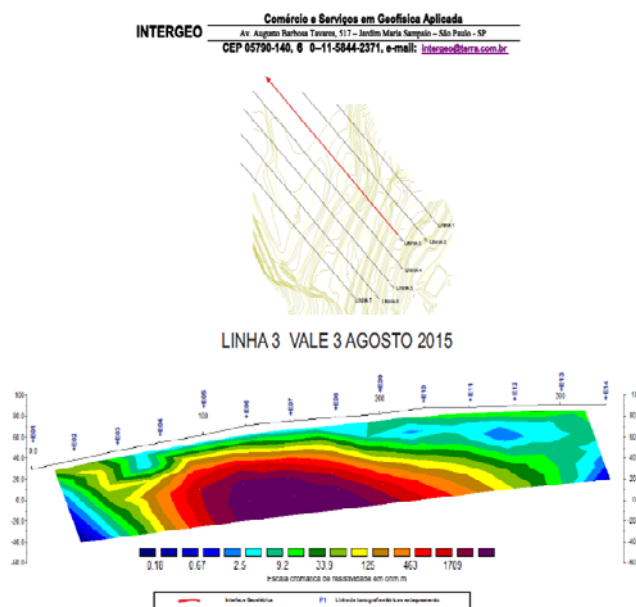


Figura 5 - Esquema da Eletrorresistividade (Intergéo)

Ensaio de Carga e de Monitoramento

A seguir são apresentados os gráficos de recalques verticais e deslocamentos horizontais na área em estudo, Figuras 6, 7, 8 e 9. Os marcos superficiais são divididos em dois conjuntos: o primeiro é denominado lado norte (parte de cima da figura 3) do talude de carga e o segundo lado sul (parte de baixo da figura 3).

O recalque imediato nos lados norte e sul do ensaio de carga foi de aproximadamente 50 mm. Este recalque foi medido uma semana após a instalação da carga. Após 11 meses de medições os recalques verticais foram de aproximadamente 260 mm no lado norte e 360 mm no lado sul. Os recalques são mais pronunciados nos marcos próximos a carga. Segundo SOWERS (1973), a compressibilidade dos resíduos sólidos pode ser

dividida em inicial, primária e secundária. A compressão inicial deve-se à expulsão de gás no interior do maciço de resíduos e a compressão dos resíduos, ocorre imediatamente após a colocação da sobrecarga. A compressão primária, segundo IVANOVA *et. al.* (2008), é devida ao esmagamento, distorção, reorientação e quebra das partículas de resíduos como consequência do aumento da tensão ocasionado pela compactação e por sobrecargas de resíduos. Este recalque ocorre em um tempo relativamente maior que o recalque imediato, da ordem de 30 dias. A compressão secundária deve-se a fatores como fluência (creep) e decomposição biológica.

De acordo com WALL & ZEISS (1995) o recalque imediato é análogo a compressão elástica que ocorre nos solos, de modo que se pode calcular o módulo de Elasticidade. Com o valor do recalque imediato se pode calcular o módulo de deformação adotando a hipótese de placa flexível situada sobre um semi-espaco de Bousinesq, de acordo com a expressão da equação 1:

$$E = \frac{K \cdot q \cdot b (1 - \nu^2)}{S} \quad (2)$$

Onde: E = módulo de deformação (kN/m²), K= coeficiente de Schleicher = (20/10=2), q=variação da carga (32 kN/m²), b = lado do retângulo (10m), ν = coeficiente de Poisson (0,3), Si = recalque inicial (0,50m).

O módulo de elasticidade obtido foi de 1.165 kN/m². Este valor está coerente com os valores apontados por Charles (1984) que indica valores do módulo de elasticidade entre 1.000 e 2.000 kN/m², CAMPI (2011) indica valores entre 1000 e 4.000 kN/m² e VAN ELK *et. al* (2014) indica valor de 1.864 kN/m².

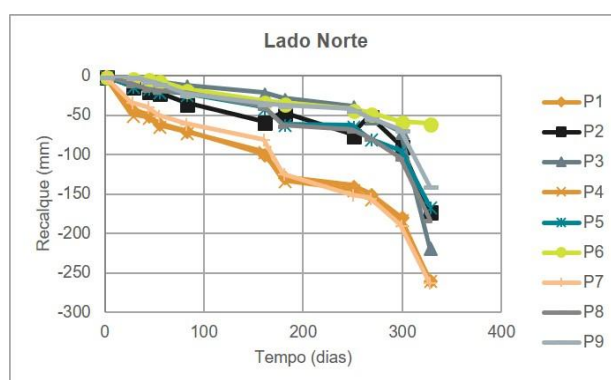


Figura 6 - Resultados dos recalques verticais - lado Norte

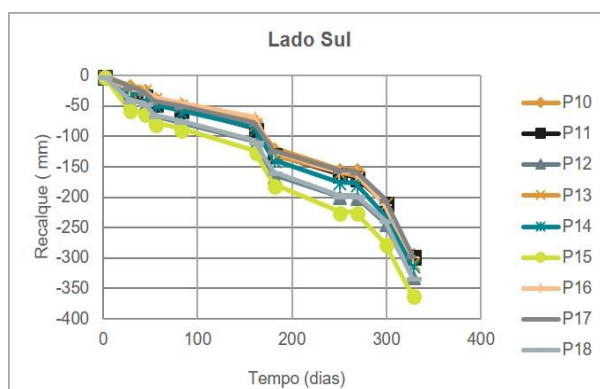


Figura 7 - Resultados de recalques verticais - lado Sul

Nas figura 8 e 9 são apresentados resultados de deslocamentos horizontais obtido com os marcos superficiais.

Os deslocamentos horizontais apresentaram valores máximos de 14mm dos marcos superficiais situados no lado norte e 8 mm dos marcos do lado sul. Estes valores são de baixa magnitude e podem ser considerados nulos. No Brasil é comum medir os deslocamentos horizontais em aterros através de marcos superficiais, no entanto o mais indicado são medidas obtidas através de inclinômetros. Para avaliar a estabilidade do aterro o ideal é associar as medidas obtidas com inclinômetros e medidas de poro-pressões. Autores como PEREIRA (2000), SIMÕES *et al.* (2009), CALDAS (2017) e OLIVEIRA (2018) também apresentam valores de deslocamentos horizontais de baixa magnitude.

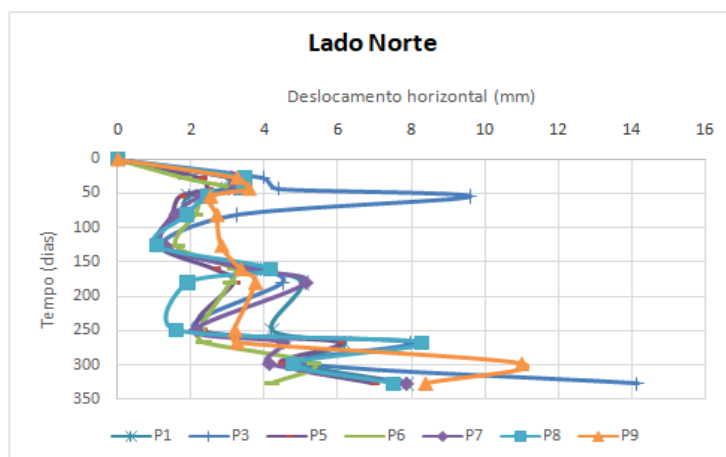


Figura 8 - Recalques horizontais lado Norte.

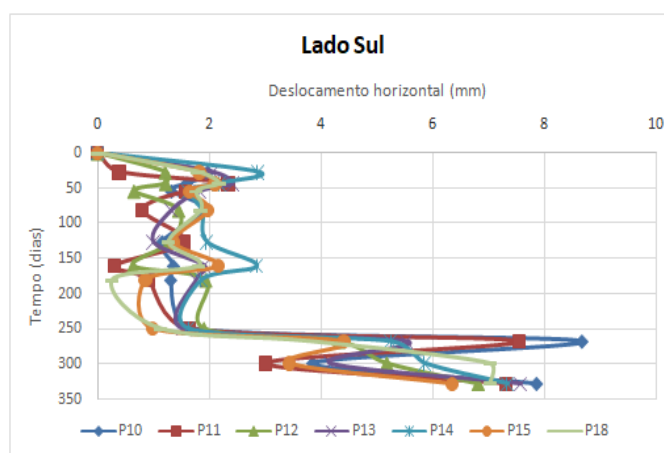


Figura 9 - Recalques horizontais lado Sul.

CONCLUSÃO

O presente trabalho trata do estudo da compressibilidade de resíduos sólidos urbanos da CTR de Nova Iguaçu, que faz parte de um projeto de pesquisa desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

O ensaio geofísico realizado tem o objetivo de detectar anomalias de baixa resistividade, demonstrada através de cores frias, caracterizando os lixiviados, e anomalias de alta resistividade, representadas pelas cores quentes,

identificando os resíduos sólidos. Através deste ensaio foi possível observar que a presença de lixiviado não compromete a estabilidade do talude de resíduos.

Através do monitoramento observa-se que os recalques são bastante significativos, sendo os maiores recalques próximos ao ensaio de carga. Os recalques horizontais apresentaram valores muito baixos, podendo ser considerados praticamente nulos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CODUTO, D. P. E HUITRIC, R. (1990). Monitoring landfill movements using precise instruments. *Geotechnics of waste fills – theory and practice*, ASTM STP 1070, Arvid Landva e G. David Knowles (eds). Pp. 358-370.
2. CALDAS, A. S. (2017). *Produção de Metano em Aterros Sanitários: Influência de diferentes métodos operacionais na geração de metano no Aterro Sanitário Metropolitano Centro, Salvador – BA*. Tese (Doutorado) – Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente, Universidade Federal da Bahia, Salvador. 254 p.
3. IVANOVA, L. K; RICHARDS, D. J.; SMALLMAN D. J. (2008). The long-term settlement of landfill waste. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers Waste and Resource Management*, 161, Issue WR3, p. 121-13
4. MMA. (2014) Ministério do Meio Ambiente. Política de Resíduos Sólidos apresenta resultados em 4 anos. <http://www.mma.gov.br/informma/item/10272-pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos-apresenta-resultados-em-4-anos>.
5. OLIVEIRA, G.S.S. (2018). Análise dos deslocamentos horizontais e verticais do vazadouro de Marambaia, Nova Iguaçu-RJ. Trabalho de Conclusão de Carreira (TCC). Departamento de Fundações e Estruturas. 84p.
6. PEREIRA, A.G.H. (2000). Compresibilidad de los residuos sólidos urbanos. 2000. Tese (Doutorado) - Universidad de Oviedo, Espanha. 300 p.
7. SIMÕES, G.F. E CATAPRETA, C.A.A. (2009). Settlement Monitoring at Belo Horizonte Sanitary Landfill, Brazil. *Proceedings Twelfth International Waste Management and Landfill Symposium*. Sta Margherita di Pula, Sardinia, Italy.
8. SOWERS, G. F. (1973). Settlement of waste disposal fills. In: *International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, [s.n.], Moscow, vol.2. p. 207–210.
9. VAN ELK, A.G.H.P., MAÑAS, L.S. & BOSCOV, M.E. (2014). Field Survey of Compressibility of Municipal Solid Waste. *Soils and Rocks*, v. 37(1). p. 85-95. São Paulo.
10. VAN ELK, A.G.H.P., Estudo da Compressibilidade dos Resíduos Sólidos Urbanos. Projeto de pesquisa APQ 1 E 111436-2014 FAPERJ.
11. WALL, D. K. & ZEISS, C. (1995). Municipal landfill biodegradation and settlement. *Journal of Environmental Engineering*, v. 121, n. 3. p 214 – 224.