XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.6/91

Estudo da Influência da Adição de Adubo Orgânico em um Solo Utilizado como Camada de Cobertura de um Aterro Sanitário

Laura Falcão Pereira Costa
Engenheira Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, laurafpc04@gmail.com

Laís Roberta Galdino de Oliveira
Professora Adjunto, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, laisroberta@ufg.br

Lana Kainy Torres Souza
Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, lana.torres@discente.ufg.br

RESUMO: As camadas de cobertura de aterros sanitários têm como finalidade reduzir a infiltração de águas pluviais e minimizar a emissão de gases de efeito estufa oriundos da decomposição dos resíduos aterrados, sendo frequentemente compostas por solo local. Nesse contexto, o presente estudo teve por objetivo avaliar a influência da utilização de adubo orgânico como material alternativo em camadas de cobertura de um aterro sanitário. O trabalho comparou as características geotécnicas do solo puro e as características geotécnicas da mistura solo-adubo, na proporção 1,5:1 (solo: adubo) em massa. Foram realizados ensaios de massa específica dos grãos, limites de liquidez e de plasticidade, análise granulométrica e compactação, de acordo com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas. Os resultados indicaram uma redução da massa específica dos grãos, aumento do limite de liquidez, intensificação da característica não plástica, aumento da umidade ótima e diminuição da massa específica aparente seca em comparação com o solo proveniente da jazida. Dessa forma, a utilização do adubo orgânico em camadas de cobertura de aterros sanitários constitui uma alternativa para a destinação dos resíduos orgânicos e contribuir para a redução da extração de solo natural para o recobrimento dos resíduos sólidos.

PALAVRAS-CHAVE: Destinação Final, Resíduos Sólidos, Caracterização Geotécnica, Camada Oxidativa.

ABSTRACT: Landfill cover layers are designed to reduce rainwater infiltration and minimize greenhouse gas emissions resulting from the decomposition of buried waste, and are often composed of locally available soil. In this context, the present study aimed to evaluate the influence of using organic compost as an alternative material in landfill cover layers. The study compared the geotechnical properties of natural soil with those of a soil–compost mixture at a mass ratio of 1.5:1 (soil). Tests were conducted to determine specific gravity of soil particles, liquid limit, plastic limit, grain size distribution, and compaction characteristics, in accordance with the standards established by the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT). The results indicated a reduction in the specific gravity of soil particles, an increase in the liquid limit, an enhancement of the non-plastic behavior, an increase in the optimum moisture content, and a decrease in the maximum dry density when compared to the borrow soil. Therefore, the use of organic compost in landfill cover layers represents an alternative for the disposal of organic waste and contributes to reducing the extraction of natural soil for solid waste cover applications.

KEYWORDS: final destination, solid waste, geotechnical characterization, oxidative layer.

1 INTRODUÇÃO

A produção de resíduo sólido se tornou, ao longo do tempo, um atípico indicador de desenvolvimento econômico de uma nação, isso porque o consumismo e a obsolescência programada contribuem para uma geração de resíduos exacerbada (Silva et al., 2023).

De acordo com a Lei nº 12.305 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010), a destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos se dá a partir da disposição final ordenada de rejeitos em aterros sanitários, sendo assim, necessário uma pré destinação que vise a reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético dos resíduos, visando não sobrecarregar os aterros e melhor aproveitar os resíduos.

Assim, os aterros sanitários podem ser definidos como uma técnica de disposição de resíduos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais (ABNT, 1992). Um aterro sanitário é composto por várias estruturas que visam garantir sua eficiência, como o sistema de camadas de cobertura, que é imprescindível ao seu funcionamento por minimizar o movimento de líquidos e/ou gases entre o ambiente externo e o interior das células de resíduos (Paulino, 2016).

Desta forma, a escolha dos materiais a serem utilizados nas coberturas dos aterros é de extrema importância, uma vez que está diretamente ligada à qualidade do aterro, das camadas e do preço. Os aterros sanitários demandam grande quantidade de material de cobertura, levando a exploração de jazidas de solo a um custo alto para suprir essa alta demanda (Santos, 2019). Nesse sentido, a pesquisa por novos materiais que minimizem os impactos da exploração de jazidas de solos naturais e reutilizem resíduos urbanos pode apresentar soluções viáveis do ponto de vista econômico, técnico e ambiental (Costa, 2015).

O adubo orgânico, especificamente, vem sendo amplamente estudado, pois quando utilizado em camadas de cobertura altera as propriedades específicas do solo, além de possibilitar o aproveitamento e valorização de resíduos, que podem ser compostados e adicionados ao solo como biocoberturas (Santos, 2019). Eles podem carregar bactérias adequadas para o controle da emissão de metano para a atmosfera, despontando como alternativa economicamente atraente para o tratamento de emissões fugitivas de CH_4 em aterros sanitários (Monteiro, 2016).

Dessa forma, a utilização do adubo orgânico em camadas de cobertura de Aterros Sanitários fornece uma alternativa para a destinação dos resíduos orgânicos e contribui com a diminuição de extração de solo natural para o recobrimento dos resíduos sólidos urbanos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste artigo foram necessários dois materiais, sendo eles: o solo utilizado como camada de cobertura de um aterro sanitário e um Adubo orgânico comercializado em floriculturas. A metodologia, por sua vez, seguiu as etapas de coleta das amostras de solo e adubo orgânico; preparo da mistura de solo e adubo orgânico; e caracterização geotécnica.

O solo utilizado na pesquisa foi cedido por um aterro sanitário localizado em Aparecida de Goiânia – GO, sendo este solo usado para a realização das camadas de cobertura diárias, intermediárias e finais. Assim, foi coletado aproximadamenre 400 kg de solo, de acordo com a norma NBR 9604 (ABNT, 2016a), visando à realização de diversas pesquisas com esse mesmo material.

O solo foi coletado na superfície do terreno, onde é armazenado o solo oriundo do preparo de áreas para a disposição final dos resíduos sólidos recebidos no aterro sanitário, sendo desprezado cerca de 5 cm, devido a possibilidade de lixiviação de partículas finas. A coleta da amostra foi realizada com o auxílio de uma pá, desta forma, conserva os constituintes minerais do solo, mas não sua estrutura original (TAYLOR, 1948).

O adubo orgânico, chamado de terra carbono, subtrato orgânico cuja produção foi inspirada no estudo e no conhecimento da Terra Preta dos Povos Indígenas, foi adquirido em uma quantidade de 150L.

Conforme informações fornecidas no rótulo da “Terra Carbono” da Cerrado Alimentos Orgânicos, o adubo orgânico em questão é formado pelo enriquecimento de pó de carvão com microrganismos eficazes, em específico a água de puba de mandioca e urina de vaca. Ainda conforme o rótulo, posteriormente esse carvão é misturado com esterco, matéria orgânica, Yoorin (fertilizante fosfatado) e pó de rocha e, em seguida, passa por uma fermentação anaeróbica de 3 meses em valas.

As amostras de solo e do adubo orgânico passaram primeiramente pelo processo de secagem ao ar e destorroamento, e posteriormente foi feito a separação da quantidade de material necessário para caracterização do solo e da mistura.

A mistura de solo e adubo orgânico foi feita na proporção de 1,5:1 (solo:composto) em massa, tendo em vista o estudo de LIRA (2017), que utilizou as proporções de 2:1 e 1:1 (solo:composto), por considerá-las

potencialmente adequadas para uso em camadas de cobertura para aterros. Sendo assim, no presente estudo utilizou-se a média das proporções da autora supracitada.

Os ensaios de caracterização geotécnica foram realizados no Laboratório de Geotecnia da Escola de Engenharia Civil e Ambiental (EECA) da Universidade Federal de Goiás (UFG). O solo e a mistura solo adubo foram caracterizados separadamente. A preparação das amostras seguiram a orientação da NBR 6457 (ABNT, 2016b) e os ensaios realizados estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1. Ensaios geotécnicos realizados

Ensaio	Norma	Informações Complementares
Massa específica dos grãos	ABNT NBR 6458 (ABNT, 2016c)	-
Limite de Liquidez	ABNT NBR 6459 (ABNT, 2017)	-
Limite de Plasticidade	ABNT NBR 7180 (2025)	-
Análise Granulométrica	ABNT NBR 7181 (2016d)	Na mistura solo-adubo foi necessário fazer a separação do material boiante do material não boiante no momento de lavagem da parte retina na peneira de 2,0 mm. Uma vez que a matéria orgânica presente no adubo boiava. Assim a matéria orgânica foi levada a estufa de 60º e a mistura não boiante foi levada a estufa de 205º até a constância de massa.
Compactação	ABNT NBR 7182 (2016e)	Realizado com energia de Proctor normal, cilindro pequeno e sem reuso de material.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta de forma resumida os resultados obtidos nos ensaios de caracterização geotécnica e na Figura 1 são apresentadas as curvas de distribuição granulométrica do solo e da mistura.

Tabela 1. Resultados da caracterização geotécnica

Ensaio	Solo	Mistura solo-adubo
Massa específica dos grãos	2,71 g/cm³	2,56 g/cm³
Limite de Liquidez (LL)	38	44
Limite de Plasticidade (LP)	NP	NP
Índice de plasticidade (IP)	NP	NP
Análise Granulométrica (SUCS)	ML	OL
Compactação	Umidade ótima: 22,23 %	Umidade ótima: 33,76 %
	$\rho_{d\ máx}$ =19,20 kN/m³	$\rho_{d\ máx}$ = 16,85 kg/m³

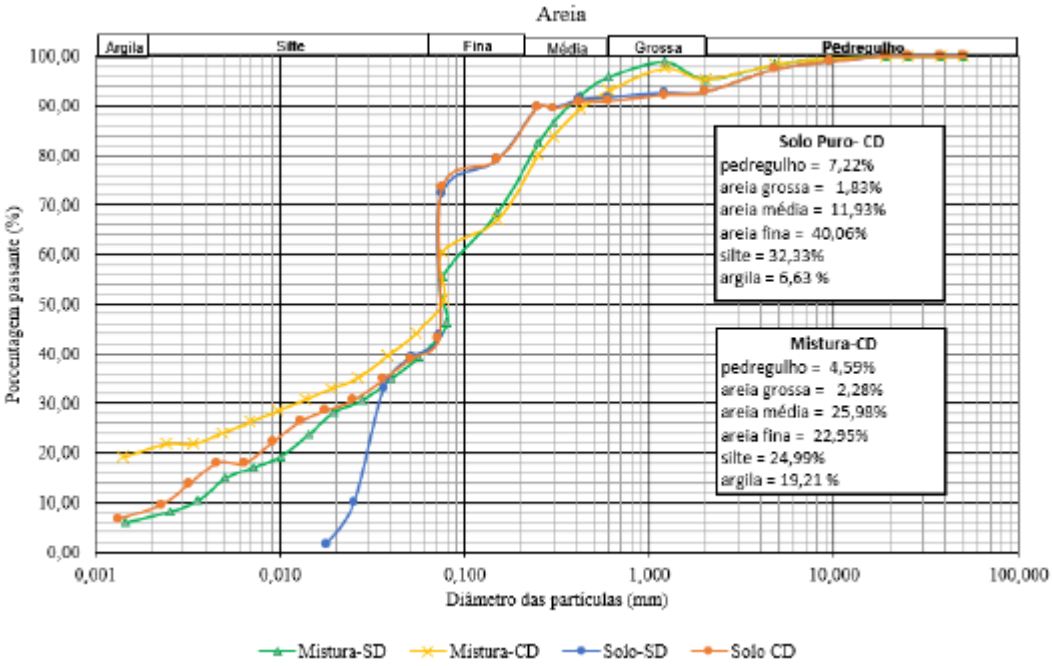


Figura 1. Curvas Granulométricas do solo e da mistura solo-adubo..

Os resultados do ensaio de massa específica dos grãos apresentam uma redução similar à encontrada por Costa (2015), que foi de 2,72 g/cm^3 (solo) para 2,57 g/m^3 (mistura solo-adubo). Corroborando com o comportamento obtido, Santos (2015) aponta que o adubo orgânico possui menor peso específico do que o solo, por isso a adição de adubo orgânico no solo resulta na diminuição do peso específico real dos grãos na mistura.

O solo puro apresentou LL de 38, semelhante ao encontrado na caracterização de solos do mesmo aterro sanitário feito por Santos et al. (2023), valor que se encontra dentro das especificações da CETESB (1993), sendo maior que 30. A mistura, por sua vez, apresentou o LL de 44, acréscimo significativo devido à fração orgânica que apresenta uma capacidade de aumento de umidade.

O limite de plasticidade encontrado tanto na mistura quanto no solo foi de não plástico, sendo assim considerados materiais pouco coesivos. É possível entender o motivo da característica não plástica do solo a partir da análise granulométrica, destacando a grande quantidade de silte e a pequena quantidade de argila. Segundo Cooper (2015), mesmo que o silte possa, no campo, parecer similar a argila, ele apresenta pequena ou nenhuma viscosidade ou plasticidade, portanto não apresenta coesão como a argila. De acordo com o mesmo autor, a baixa plasticidade, coesão e capacidade de absorção das frações de silte é em grande parte devido a filmes de argila aderidos na superfície das partículas.

Além disso, Gomes (2020) e Santos (2019) constataram a perda de plasticidade em misturas de solo e adubo orgânico, devido à natureza não plástica da matéria orgânica. Uma vez que o solo é não plástico a adição de adubo orgânico somente intensificou essa característica. Apesar dessa redução de plasticidade estar ligada a maior taxa de emissão de CH_4 ela favorece o não-surgimento de fissuras num ciclo de umedecimento e secagem e baixa compressibilidade do solo (Maia et al., 2015).

Conforme apontado pela AGEITEC (2019) a adição do adubo orgânico aumenta a capacidade de troca catiônica (CTC), diminuindo a plasticidade como observado no presente trabalho no ensaio de limites de consistência. Segundo a mesma agência esse aumento da CTC promove melhor interação elétrica entre os grãos da mistura de solo e entre a mistura e a água, levando a reter mais quantidade de água.

Dessa forma, ambos os materiais apresentam pequena ou baixa plasticidade, comportamento esperado, já que o controle de consistência está relacionado à fração de argila no solo e a presença de matéria orgânica. Ou seja, quanto mais argiloso, maior a expressão das forças de coesão e adesão e quanto mais matéria orgânica menos plástico é o material, devido a afinidade com água e também devido a sua influência na estrutura e densidade do solo (Resende et al., 2002; Santos, 2019).

A partir da Figura 1 foi possível observar que a composição granulométrica do solo apresentou valores diferentes após a adição de adubo orgânico, sendo o solo puro composto majoritariamente por silte e areia fina,

diferente da mistura, que apresentou uma distribuição mais homogênea entre a areia média, areia fina, silte e argila.

É possível observar um aumento no percentual de areia média semelhante ao estudo de Sena (2022) que trabalhou também com misturas solo-adubo orgânico em aterros sanitários, porém diferente do referido autor houve um aumento na quantidade de finos. Entende-se que esse aumento ocorre devido a composição do adubo orgânico, uma vez que o mesmo utiliza pó de carvão e pó de rocha, ambos materiais com diametro compatível ao da argila. Além disso, Lira (2017) constatou um maior porcentual de areia média na granulometria com a adição do adubo.

Para a classificação SUCS do solo e da mistura solo-composto foram analisados os valores da distribuição granulométrica e dos limites de Atterbeg. No entanto, ambos os materiais são não plásticos. Dessa forma, como indica Flach (2016), desconsiderou-se o Limite de Plasticidade e considerou-se somente o Limite de Liquidez, de modo que o solo puro foi classificado como ML (siltes de baixa compressibilidade), classificação apontada por Ferreira et al. (2022) pela maioria das pesquisas sobre solo de camadas de cobertura. A mistura solo-adubo foi classificada como OL (siltes orgânicos e siltes argilosos orgânicos de baixa compressibilidade), devido a adição de matéria orgânica. Como observado por Ferreira et al. (2022) solos caracterizados pela segunda letra "L" do SUCS são favoráveis ao uso na camada de cobertura de aterros devido a baixa compressibilidade.

Considerando os tipos de solo determinados pela CETESB (1993), os materiais não atendem a recomendação para uso em camadas de cobertura de aterros sanitários. Porém, a NBR 13.896 (1997) e a USEPA (2004) não estabelecem uma classificação SUCS para a utilização em camadas de cobertura. Em relação ao percentual de grãos passantes na peneira n° 200, o solo e a mistura se enquadram nas recomendações da CETESB (1993), mas se encontram acima das recomendações da USEPA (2004).

Além disso, ressalta-se que o solo e a mistura solo-composto foram classificados texturalmente respectivamente como franco arenoso e franco argiloso arenoso. O Solo franco arenoso que apresenta condições inferiores de retenção de água e nutrientes quando comparado ao franco argiloso arenoso (COSTA et al., 2018).

Segundo Pascoal e Mesquita (2014), a compactação é um dos mais importantes procedimentos de estudo e controle de qualidade de aterros, uma vez que as camadas dos aterros necessitam de uma redução do índice de vazios e o aumento da densidade do solo que compõe a camada, levando ao aprimoramento de diversas propriedades, como resistência e permeabilidade. O resultado do ensaio pode ser observado a partir da Figura 2. Este que apresentou valores de massa específica aparente seca tanto do solo quanto da mistura dentro das especificações de Kabir e Taha (2004), > 14,22 kN/m^3 para uso em aterros sanitários.

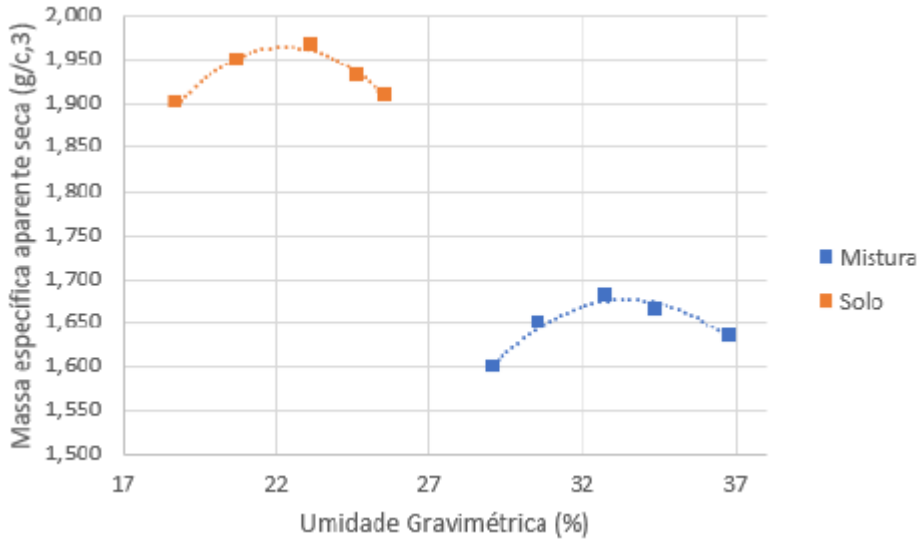


Figura 2. Curvas de compactação do solo e da mistura.

A partir da comparação entre os materiais é possível observar que com a adição do adubo houve um aumento na umidade ótima e uma diminuição na massa específica aparente seca. Ainda, observa-se que o ramo

seco das curvas de compactação do solo puro e da mistura apresenta comportamento semelhante, indicando redução do índice de vazios com a dissipação do ar dos poros, no entanto, nota-se uma divergência no ramo úmido. No caso da mistura, a presença de finos potencialmente ativos pode intensificar fenômenos como adsorção de água e formação de filmes hídricos, alterando o mecanismo de compactação e reduzindo a eficiência de rearranjo estrutural em comparação ao solo puro.

Segundo Costa (2015) isso ocorre devido à capacidade da matéria orgânica de reter maior quantidade de líquido, da redução da fase sólida mineral e pelo aumento das partículas de menor peso. Assim, nota-se uma relação entre densidade e porosidade, pois quanto mais denso o material, menor é sua porosidade, levando a uma redução do fluxo de ar. Cerqueira e Matos (2019) relatam que para cada tipo de solo, sob uma determinada energia de compactação, encontra-se um par de umidade ótima, nos solos com maior presença de argila a densidade é baixa e a umidade ótima é elevada, nos solos mais siltosos, por sua vez, existe uma tendência a valores mais baixos de densidade com curvas mais abatidas. Pinto (2006) definiu diversas curvas de compactação como visto na Figura 2 e, a partir da comparação dessas com a curva obtida para solo e para mistura solo adubo, é possível perceber a semelhança com os solos de silte pouco argiloso e areia silto-argilosa, respectivamente.

4 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos através dos ensaios de massa específica dos grãos, limites de Atterberg, Análise Granulométrica e Compactação é possível observar a influência da adição de adubos orgânicos em um solo utilizado em camadas de cobertura de aterros sanitários.

Com relação à granulometria, a mistura levou à uma distribuição granulometrica mais homogênea, aumentando a quantidade de graãos que pertencem a faixa granulométrica de areias médias e de argila, característica que interfere nas demais propriedades do solo. Além disso, foi possível perceber uma redução na massa específica dos grãos com a adição do adubo. Nos limites de Atterberg nota-se um aumento no limite de liquidez, que propicia a retenção de água e a característica não plastica que foi intensificada. Na compactação, observa-se o aumento na umidade ótima e uma diminuição do peso específico aparente seco. Esse aumento na umidade pode ser benéfica, visando manter as camadas mais úmidas, e evitando ressecamentos e fissuras.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiamento da pesquisa pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG/GO) por meio do projeto Avaliação da influência da adição de materiais alternativos nos parâmetros geotécnicos de um solo empregado como camada de cobertura de um aterro de resíduos sólidos (Nº 202310267000214).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos; Rio de Janeiro, 1992.

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. Rio de Janeiro, 2016a. 9p

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6457: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2016b. 10p

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. Rio de Janeiro, 2016c. 10p

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7181: Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016d. 12p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7182: Compactação - procedimento. Rio de Janeiro, 2016e. 9p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6459: Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2017. 5p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7180: Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2025. 3p.

AGEITEC - Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Adubação orgânica. 2019.

BRASIL (2010). Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. Diário Oficial da União. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007- 2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em: 19 set. 2017.

CERQUEIRA, J. O. F.; MATOS, I. B. Estudo de compactação para confecção de amostras de solo com plantio de capim vetiver. *Seminário Estudantil de Produção Acadêmica*, v. 18, p. 110-128, 2019.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (1993). Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Resíduos Sólidos Industriais. 2ª ed. São Paulo, SP.

COOPER, M. Arquitetura e Propriedades Físicas do Solo. Apostila Parte 1, Universidade de São Paulo, SP, 2015.

COSTA, C. M. C. *Avaliação da fissuração por ressecamento em camadas de cobertura de aterros sanitários utilizando materiais alternativos*. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

FERREIRA, R. P. S.; JUCÁ, J. F. T.; MARIANO, M. O. H., JÚNIOR, A. I. O. Grupo de Resíduos Sólidos: Camadas de cobertura de aterros sanitários. *Research, Society and Developmente*, v. 11, n. 11, 2022.

FLACH, M. K. *Análise da estabilidade de um talude em solo natural com avaliação dos parâmetros de resistência em diferentes profundidades*, Nova Trento – SC. Trabalho de Conclusão de Curso. Florianópolis, 2016.

GOMES, G. J. C. *Análise da adição de composto orgânico para dimensionamento de biocobertura em aterro sanitário*. Dissertação (Pós-graduação). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.

KABIR, M. H.; TAHA, M. R. Assessment of physical properties of a granite residual soil as an isolation barrier. *Eletronic Journal of Geotechnical Engineering*, v. 92, 2004, 13 p.

LIRA, B. S. Uso de composto orgânico como material componente para camada de cobertura oxidativa, 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2017. 117p.

MAIA, J. P. S.; SOUSA, J. F. M.; CÂMARA JUNIOR, C. L. (2015) Avaliação do comportamento físico mecânico de um solo. *Vetor - Revista de Ciências Exatas e Engenharias*. v. 25, n. 1, p. 57-75.

MONTEIRO, L. S. *Redução das emissões gasosas através da camada de cobertura de aterros sanitários utilizando diversos tipos de materiais*. Tese de doutorado. Fortaleza, 2016.

PASCOAL, P. P. R.; MESQUITA, R. R. S. *Estudo de viabilidade do uso do RCC em camadas de cobertura de aterros sanitários*. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2014, 86 p.

PAULINO, R. M. *Estudo geotécnico do uso de lodo de esgoto higienizado em camadas de cobertura de aterros sanitários*. Trabalho de Conclusão de Curso. Natal-RN, 2016.

PINTO, C. S. (2000). *Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas*. São Paulo: Oficina de Textos, 247p.

RESENDE, M.; LANI, J. L.; REZENDE, S. B. Pedossistemas da Mata Atlântica: considerações pertinentes sobre a sustentabilidade. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 261-269, 2002.

SANTOS, G.M. *Comportamento hidromecânico de solo e das misturas solo composto utilizados em camadas de cobertura no Aterro Experimental da Muribeca*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

SANTOS, J. J. N. *Avaliação geotécnica de misturas de solo e composto orgânico para uso como biocoberturas em aterros sanitários*. Dissertação. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande/PB, 2019.

SENA, T. S. *Permeabilidade do ar e à água em misturas de solo e composto orgânico para uso em sistemas de cobertura de aterro sanitário*. Dissertação, Pós-graduação. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande/PB, 2022.

SILVA, E.; OLIVEIRA, H. M.; SILVA, P. M. Consumismo, obsolescência programa e a qualidade de vida da sociedade moderna. *Educação Ambiental em Ação*, v. 11, n. 83, 2023.

TAYLOR, D. *Fundaments of soil Mechanics*. New York: John Wiley & Sons, 1948.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. *Technical guidance for RCRA/CERCLA final covers. Office of solid waste an emergency response*. EPA-540-R-04-007. Washington, DC. USEPA, 2004. 421p.