



ESTUDO DE PARÂMETROS GEOTÉCNICOS DE SOLO APLICADO EM UMA CÉLULA EXPERIMENTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Larissa Santana Batista(*), Ana Letícia Ramos Bezerra, Brenda Stephanie de Oliveira Matos, Rafaela do Nascimento Coelho, William Dantas de Medeiros.

* Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), larissa.batista@ufcg.edu.br

RESUMO

Por consequência do acelerado aumento dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), ter uma finalidade adequada destes resíduos é de suma importância para o meio ambiente. Se despejados de forma inapropriada, podem contaminar o solo, a água e o ar. Desta maneira, aterros sanitários representam uma técnica bastante adequada, pois dispõem de técnicas de impermeabilização do solo e cobertura dos resíduos, diminuindo os impactos ambientais, além de reduzirem a poluição e a proliferação de insetos. Nesse contexto, as células experimentais (lisímetros) podem ser utilizadas para obter parâmetros e entender o comportamento de aterros de RSU através de seu monitoramento, sendo a análise do solo, uma etapa fundamental em estudos técnicos de utilização como camada impermeabilizante de base e cobertura em aterros sanitários. Dessa forma, esse trabalho tem por objetivo caracterizar e avaliar o solo utilizado em uma camada de base e de cobertura em uma célula experimental de RSU, a fim de avaliar os parâmetros geotécnicos de um aterro sanitário, através do lisímetro. De acordo com os resultados obtidos o solo selecionado atende aos parâmetros necessários para utilização em camada de base e cobertura de aterros sanitários, tratando-se de um solo argiloso com baixa permeabilidade. Sendo assim, verificou-se que o comportamento da maioria dos parâmetros analisados, apesar das oscilações, foi compatível com os resultados obtidos na literatura técnica. Outrossim, os resultados desse trabalho poderão contribuir com dados para instalação de um aterro sanitário na cidade de Campina Grande.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos Urbanos; solo; célula experimental; base; cobertura.

ABSTRACT

As a consequence of the accelerated increase of Municipal Solid Waste (MSW), having a proper finalization of this waste is of utmost importance for the environment. If disposed of inappropriately, they can contaminate the soil, water, and air. Thus, landfills represent a very appropriate technique, because they have techniques for soil sealing and covering the waste, reducing the environmental impacts, in addition to reducing pollution and insect proliferation. In this context, experimental cells (lysimeters) can be used to obtain parameters and understand the behavior of MSW landfills through their monitoring, and soil analysis is a fundamental step in technical studies for use as a waterproofing layer of base and cover in landfills. Thus, this work aims to characterize and evaluate the soil used in a base and cover layer in an experimental cell of MSW, in order to assess the geotechnical parameters of a landfill, through the lysimeter. According to the results obtained, the selected soil meets the necessary parameters for use in base and cover layer of landfills, being a clay soil with low permeability. Thus, it was found that the behavior of most of the parameters analyzed, despite oscillations, was compatible with the results obtained in the technical literature. Moreover, the results of this work may contribute with data for the installation of a landfill in the city of Campina Grande.

KEY WORDS: Urban Solid Waste; ground; experimental cell; base; roof.



INTRODUÇÃO

O acelerado processo de urbanização, aliado ao consumo crescente de produtos duráveis e/ou descartáveis, tem provocado sensível aumento do volume e diversificação dos resíduos sólidos gerados pela população. Deste modo, o encargo de gerenciar esses resíduos tornou-se uma tarefa que demanda ações diferenciadas e articuladas. O grande desafio consiste, portanto, em encontrar soluções ambientalmente seguras e eficientes para os problemas de geração de resíduos em grandes quantidades (PAVAN, 2010).

A problemática atual é onde e como dispor esses resíduos gerados e o que fazer com aqueles que já estão dispostos irregularmente. Para se notar o tamanho deste problema, a Abrelpe (2019) constatou entre 2017 e 2018, que a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil aumentou quase 1% e chegou a 216.629 toneladas diárias. Como a população também cresceu no período (0,40%), a geração per capita teve elevação um pouco menor (0,39%). Isso significa que, em média, cada brasileiro gerou pouco mais de 1 quilo de resíduo por dia.

Nesse contexto, Medeiros (2012) reporta que, os progressos da humanidade aumentaram a qualidade e a expectativa de vida. A contrapartida é um padrão de consumo que demanda matérias-primas, o que de certa forma pode comprometer a qualidade de vida das gerações futuras. Esse compromisso com as gerações futuras é o princípio do que se denomina crescimento sustentável. Assim, espera-se que esta geração e as futuras usem a capacidade que o homem possui de transformar as matérias, porém de forma sustentável.

Outrossim, os resíduos sólidos gerados nos centros urbanos podem conter resíduos domésticos e comerciais, assim como lixo industrial, constituindo uma mistura complexa de diferentes substâncias, algumas dessas perigosas para a saúde. Uma vez acondicionados em aterros, os resíduos sólidos podem comprometer a qualidade do solo, da água e do ar, por serem fontes de compostos orgânicos voláteis, pesticidas, solventes e metais pesados, entre outros. Além de que a decomposição de matéria orgânica presente no lixo resulta na formação do chorume, que pode contaminar o solo e as águas subterrâneas (GOUVEIA; PRADO, 2010).

Diante do problema apresentado, em agosto de 2010 foi instituída por meio da Lei Federal nº 12.305 a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que tem como princípio a responsabilidade compartilhada entre o governo, empresas e população, incentivando o retorno dos produtos às indústrias após o consumo e obrigando o poder público a realizar planos de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos (Brasil, 2010). Nela também é definida a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos que deve incluir a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras formas de destinação admitidas pelos órgãos competentes, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Entre estas outras formas se destaca a disposição final ambientalmente adequada, que é a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis dos resíduos. Para os resíduos sólidos urbanos (RSU) a principal técnica de disposição final ambientalmente adequada são os aterros sanitários, sendo atualmente a solução mais econômica para dispor resíduos não perigosos e não inertes.

Desta forma, esse trabalho tem como proposta o estudo e avaliação de solo destinado a aplicação em uma célula experimental de RSU.



OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo caracterizar e avaliar o solo utilizado em uma camada de base e de cobertura em uma célula experimental de RSU, a fim de entender o comportamento e funcionamento dos parâmetros geotécnicos de um aterro sanitário, sendo de extrema relevância para aplicação em aterros em escala real.

METODOLOGIA

O processo metodológico da pesquisa consiste no estudo, análise e aplicação do solo como base e cobertura de uma célula experimental. Esta célula experimental foi construída em uma área na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) nas proximidades do Centro de Tecnologia, tendo como seu objetivo principal avançar os estudos sobre decomposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Sendo assim, foi realizado um estudo de caracterização análise e composição do solo, onde este tem o seu processo descrito no fluxograma abaixo (Figura 1).

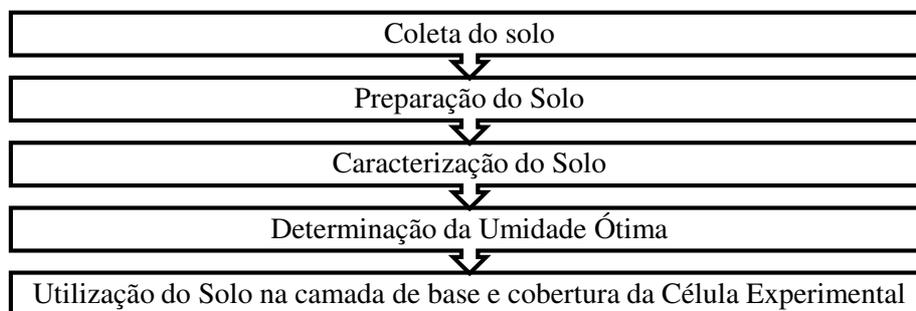


Figura 1- Fluxograma das atividades desenvolvidas. Fonte: Acervo do Autor, 2021.

O processo de metodologia de extração do solo foi a deformada onde segundo Taylor (1948) são conservados todos os constituintes minerais do solo, inclusive, se possível, sua umidade natural, mas não se conserva sua estrutura original que é alterada pelo processo de extração

A caracterização do Solo se deu através da realização de ensaios de determinação do teor de umidade, massa específica dos grãos, granulometria, limite de plasticidade, limite de liquidez, coeficiente de permeabilidade e compactação. Todos estes realizados no laboratório da UFCG, conforme as normas específicas para cada ensaio, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1- Associação de testes e Normas utilizadas.
Fonte: Adaptado (BATISTA, 2012).

ENSAIO	NORMA REFERENTE
Preparação das Amostras	NBR 6457/86- Amostras de Solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização
Determinação do Teor de Umidade com Secagem em Estufa	
Determinação de Massa Específica dos Grãos	NBR 6508/84 – Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica
Ensaio de Granulometria	NBR 7181/84 – Solo – Análise Granulométrica
Determinação do Limite de Plasticidade	NBR 7180/84 – Solo – Determinação do limite de plasticidade
Determinação do Limite de Liquidez	NBR 6459/84 – Solo – Determinação do Limite de liquidez
Ensaio de Compactação	NBR 7182/86 – Solo – Ensaio de Compactação
Permeabilidade à carga constante	NBR 13292/95 – Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares á carga constante
Permeabilidade à carga variável	NBR 14545/00 – Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável



RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão apresentados os resultados obtidos na caracterização do solo estudado, que é proveniente de um terreno localizado no município de Campina Grande. A tabela 2 apresenta o resumo dos resultados obtidos através dos ensaios de peneiramento e sedimentação do solo analisado.

Tabela 2 - Resumo da Granulometria
Fonte: Adaptado BATISTA, 2012

Solo	
Argila (<0,005mm)	28,00%
Silte (0,005 – 0,05mm)	23,00%
Areia Fina (0,05 – 0,42mm)	19,26%
Areia Média (0,42 – 2,0mm)	13,45%
Areia Grossa (2,0 – 4,8mm)	5,92%
Pedregulho (4,8 – 75mm)	10,37%

Através do ensaio de granulometria observou-se que o solo utilizado é formado por uma faixa granulométrica contendo 10,37% de pedregulho, 5,92% de areia grossa, 13,45% de areia média, 19,26% de areia fina e 51,00% de silte e argila, sendo possível a partir deste percentual realizar a classificação do tipo de solo estudado.

A figura 1 representa a curva granulométrica do solo analisado. Segundo Taylor (1948) a curva granulométrica encontra aplicação rápida principalmente na classificação do solo quanto à textura, na estimativa do coeficiente de permeabilidade e no dimensionamento dos filtros de proteção.

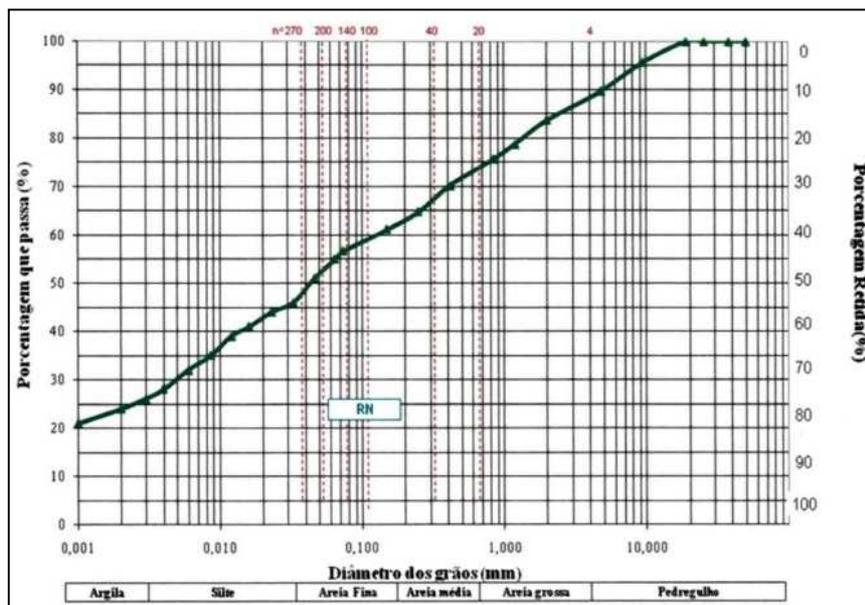


Figura 2 - Curva granulométrica do solo. Fonte: BATISTA, 2012.

Os limites de Atterberg são apresentados na tabela 3 e a figura 2 mostra o perfil de limite de liquidez.

Tabela 3 - Limites de Atterberg .
Fonte: BATISTA, 2012.

Propriedades	Resultados (%)
Limite de Liquidez	35,30
Limite de Plasticidade	21,79
Índice de Grupo	13,52

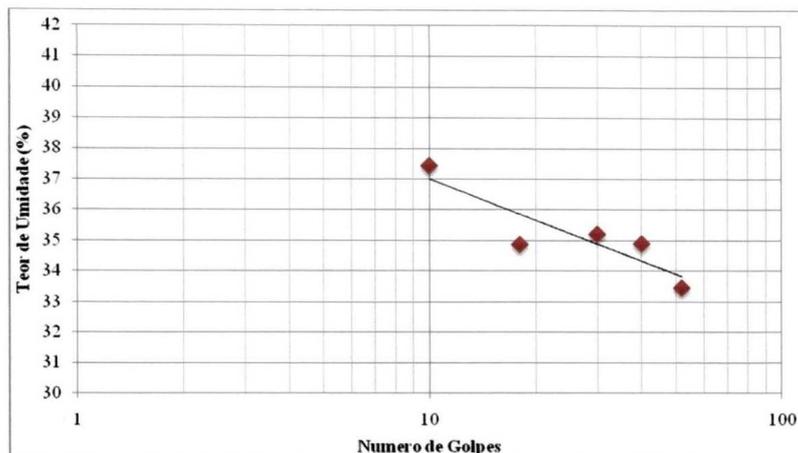


Figura 3 - Perfil do Limite de Liquidez. Fonte: BATISTA, 2012.

A partir dos dados de granulometria e limites de atterberg, observa-se que o solo analisado possui um alto teor de finos, ou seja, possui 51% de silte+argila (mais de 50%, em peso, passando na peneira #200 - 0,075mm). Pelo sistema de classificação Unificado de solos para propósito de engenharia (ASTM D - 2487 - 69), baseado nos limites de Atterberg e em dados de granulometria, o solo foi classificado como CL, o qual é caracterizado por um solo formado por argilas siltosas inorgânicas de plasticidade baixa a média. E pelo sistema de classificação AASHTO o solo foi classificado como A-6, o qual é caracterizado por um solo do tipo argiloso. A tabela 4 apresenta os resultados de compactação em campo e in situ para as camadas base e cobertura, bem como os referidos graus de compactação.

**Tabela 4 - Dados de Compactação.
Fonte: BATISTA, 2012.**

Compactação		
Base	Umidade Ótima Laboratório	$H_{otm} = 17,5\%$
	Umidade Ótima Campo	$H_{campo} = 18,0\%$
	Densidade Máxima Laboratório	$g_{max} = 1,83 \text{ g/cm}^3$
	Densidade Ótima Campo	$g_{max} = 1,726 \text{ g/cm}^3$
	Grau de Compactação	$G_{comp} = 94\%$
Cobertura	Umidade Ótima Lab	$H_{otm} = 17,5\%$
	Umidade Ótima Campo	$H_{campo} = 18,0\%$
	Densidade Máxima Lab	$g_{max} = 1,83 \text{ g/cm}^3$
	Densidade Ótima Campo	$g_{max} = 1,786 \text{ g/cm}^3$

A figura 3 mostra a curva de compactação obtida para o solo estudado onde foi assinalado a massa específica aparente seca máxima e a umidade ótima.

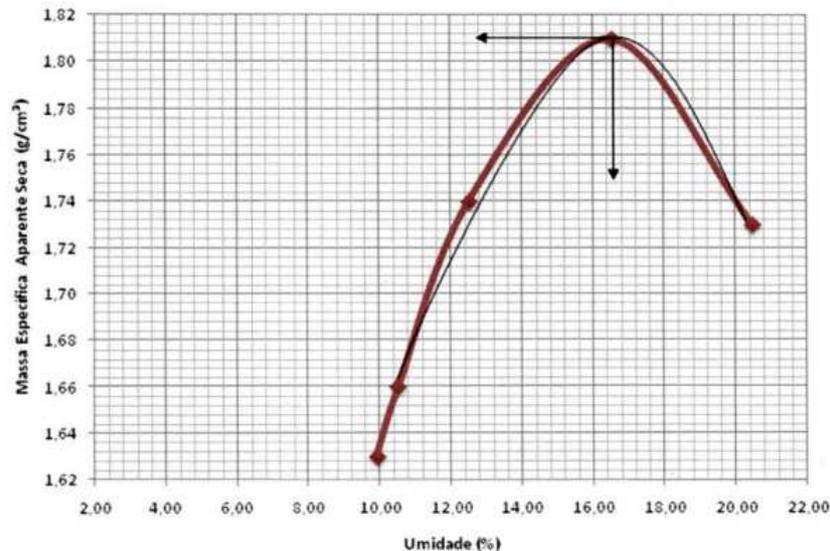


Figura 4- Curva de compactação do solo. Fonte: BATISTA, 2012.

De acordo com a Tabela, observa-se valores da densidade em campo são inferiores ou iguais as densidades máximas obtidas em laboratório, esse fato pode ser justificado por se tratar de compactação manual, na qual torna-se mais difícil atingir a mesma energia do ensaio. O grau de compactação (GC) de aproximadamente 98%, representa um valor satisfatório levando-se em conta a compactação manual. Em campo, na utilização em aterros como sistema impermeabilizante, o controle da compactação deve ser feito e aceito ou rejeitado de acordo com as exigências de projeto nas especificações relacionadas à qualidade da compactação (LEITE, 2008).

A partir dos ensaios, verificou-se que a umidade higroscópica do solo pelo método da estufa e speedy, trata-se de um solo seco de umidade igual a 3,7%. A massa específica dos grãos do solo estudado foi de 2,54 g/cm³, valor que se encontra dentro da faixa admissível de acordo com a literatura (ANBT, 1984). O coeficiente de permeabilidade determinada pelo ensaio realizado através do permeâmetro de carga variável vertical foi de $K = 2,4 \times 10^{-4}$ cm/s, este pode ser considerado um valor baixo, fornecendo ao solo características impermeáveis.

Vale salientar que os ensaios de laboratório, mesmo realizado de forma cuidadosa, representam somente pequenos volumes de solo em pontos individuais de uma grande massa. Portanto, a validade de aplicação dos valores nele obtidos aos problemas de percolação e drenagem dependerá de como possam ser considerados representativos da massa de solo.

CONCLUSÃO

O principal objetivo dessa pesquisa foi avaliar e caracterizar de forma física e mecânica o solo na camada de base e de cobertura da célula experimental. Vale salientar que é de grande importância ter uma jazida próxima ao aterro sanitário, uma vez que é mais economicamente viável.

Deve-se destacar também que os ensaios de laboratório, mesmo realizados de forma cuidadosa, representam somente pequenos volumes de solo em pontos individuais de uma grande massa.

Deste modo, conclui-se que o solo selecionado atende aos parâmetros necessários para utilização em camada de base e cobertura de aterros sanitários, tratando-se de um solo argiloso com baixa permeabilidade. Além do sistema de instrumentação ter se mostrado eficaz, permitindo o monitoramento da célula experimental.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. _____ ABNT-NBR 10007 (2004). **Resíduos Sólidos - Amostragem de Resíduos.**
2. _____ ABNT-NBR 14545 (2000). **Ensaio de Permeabilidade.**
3. _____ ABNT-NBR 6459 (1984). **Ensaio de Limites de Atterberg.**
4. _____ ABNT-NBR 7181 (1984). **Ensaio de Granulometria**
5. _____ ABNT-NBR 7182 (1986). **Ensaio de Compactação.**
6. _____ ABNT-NBR 7185 (1986). **Ensaio de Massa específica "in situ".**
7. _____ ABNT-NBR 7281 (1984). **Solos - Determinação do Limite de Plasticidade.**
8. ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2018/2019**, Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. 2019. Disponível em:
<https://www.migalhas.com.br/arquivos/2020/1/492DD855EA0272_PanoramaAbrelpe_-2018_2019.pdf>. Acesso em 17 de março, 2021.
9. BATISTA, L. S. **Estudo De Parâmetros Geotécnicos E Suas Interações Em Uma Célula Experimental De Resíduos Sólidos Urbanos.** Dissertação de Mestrado. UFCG. 2012.
10. GARCEZ, L.R. SALES, K.C.S.; LEITE, H.E.A.S; MONTEIRO, V.E.D.; LEITE, V.D. **Relação carbono/nitrogênio existente em um biorreator de resíduos sólidos da cidade de Campina Grande.** XXXI Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental – AIDS, 2008.
11. GOUVEIA, N; PRADO, R, R;. **Riscos à saúde em áreas próximas a aterros de resíduos sólidos urbanos.** Rev. Saúde Pública [online]. 2010, vol.44, n.5, pp.859- 866.
12. MEDEIROS, J. H. D; **Gestão de Resíduos Sólidos para Municípios de pequeno e médio porte a luz da Política Nacional De Resíduos Sólidos.** – Monografia; (Bacharel em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, Angicos/RN. 2012..
13. TAYLOR, D. **Fundaments of soil Mechanics.** New York: John Wiley& Sons, 1948.