

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – FEC – UNICAMP

Danilo Fieri Rodrigues (bolsista): e-mail: danilo3@gmail.com

Prof.^a Dr.^a Miriam Gonçalves Miguel (orientadora): e-mail: migmiguel@fec.unicamp.br

Agência Financiadora: PIBIC/CNPq

Palavras-Chave: Barreiras Impermeabilizantes; Aterros Sanitários; Classificação MCT; Ensaio Mini-MCV; Solos Tropicais

Introdução

O aterro sanitário é uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais. Esse método utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de solo na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se for necessário.

Para que o chorume do resíduo sólido urbano não percole até cursos de água próximos, na fundação do aterro sanitário deve ser construída uma barreira impermeabilizante. Em muitos casos, são usadas mantas sintéticas, que por sua vez, têm alto custo, e/ou solo compactado (*liners*) para conseguir uma impermeabilização.

A proposta desse trabalho foi avaliar preliminarmente alguns solos tropicais quanto às suas propriedades geotécnicas a fim de utilizá-los como barreiras impermeabilizantes de aterros sanitários.

Materiais e Métodos

Amostras:

As amostras de solo, submetidas aos ensaios de caracterização geotécnica em laboratório, foram do tipo deformadas. Estudaram-se inicialmente 5 solos tropicais, classificados como Delta A, Delta B (ambos de Campinas/SP), Laranjal Paulista, Pontos A e D (oriundos da cidade de Poços de Caldas/MG). Para isso, foi utilizado um trado, de modo a retirar a amostra da camada superficial, numa profundidade máxima de 2,5m. No momento da coleta, foram determinados os teores de umidade naturais em campo, através do Ensaio da Estufa (NBR 6457).

Ensaio de caracterização geotécnica:

As amostras coletadas foram submetidas aos ensaios de caracterização geotécnica em laboratório: análise granulométrica com e sem defloculante (NBR 7181), limite de liquidez (NBR 6459), limite de plasticidade (NBR 7180), massa específica dos sólidos (NBR 6508).

Em função de se tratar de solos tropicais, ensaios de granulometria conjunta sem o uso de defloculante foram realizados para a verificação do comportamento do material em campo, ou seja, sem desagregação de sua macroestrutura proveniente da cimentação das partículas finas por óxidos e hidróxidos de ferro. No total foram oito ensaios de granulométrica conjunta e cinco ensaios de limites de liquidez e de plasticidade.

As respectivas classificações dos solos com e sem defloculante estão representadas, respectivamente, nas tabelas 1 e 2. Apresenta-se ainda a Tabela 3 com os limites de consistência para os solos estudados.

Tabela 1: Parâmetros geotécnicos para os solos com defloculante

Parâmetros Geotécnicos	Amostras Com Defloculante				
	Delta-A	Delta B	Laranjal Paulista	Ponto A	Ponto D
% de argila	42,9	24,2	53,0	47,6	21,9
% de silte	39,7	61,9	27,0	38,4	60,1
% de areia fina	16,8	11,8	17,0	10,2	11,9
% de areia média	0,4	2,1	2,0	2,4	3,9
% de areia grossa	0,2	0	1,0	1,4	2,2
Classificação Textural	Argila siltosa	Silte argiloso	Argila siltosa	Argila siltosa	Silte argiloso

Tabela 2: Parâmetros geotécnicos para os solos sem defloculante

Parâmetros Geotécnicos	Amostras Sem Defloculante				
	Delta-A	Delta B	Laranjal Paulista*	Ponto A	Ponto D
% de argila	16,9	18,1	-	31,0	20,5
% de silte	71,5	66,0	-	52,0	57,7
% de areia fina	8,1	14,3	-	9,6	9,9
% de areia média	2,5	1,5	-	3,2	7,5
% de areia grossa	1,0	0,1	-	4,2	4,4
Classificação Textural	Silte argiloso	Silte argiloso	-	Silte argiloso	Silte argiloso

Tabela 3. Limites de consistência dos solos.

	Limites de consistência dos solos				
	Delta A	Delta B	Laranjal	Ponto A	Ponto D
LL (%)	34,9	47,2	62,9	55,1	51,4
LP (%)	24,8	32,7	41,1	38,8	35,9
IP	10,1	15,5	21,8	16,3	15,5

Ensaio Mini-MCV e Classificação MCT:

A classificação MCT é indicada para solos lateríticos finos e ela baseia-se no princípio de que os métodos tradicionais não funcionam bem na classificação direta de solos tropicais. Assim, são aplicados ensaios mecânicos e hídricos que são melhores para relação ao comportamento dos solos tropicais.

O ensaio de compactação Mini-MCV indica o abatimento dos corpos de prova para cada umidade relacionado com determinado número de golpes; a partir do ensaio laboratorial temos as curvas de compactação dos solos e com isso é possível calcular os índices: c' coeficiente angular da curva de deformabilidade; d' inclinação do ramo seco da curva correspondente a 12 golpes; P_i indicação qualitativa de resistência à erosão hídrica; e também o coeficiente e' que é calculado a partir dos outros índices já correlacionados na expressão:

$$e' = \sqrt[3]{\frac{P_i}{100} + \frac{20}{d'}}$$

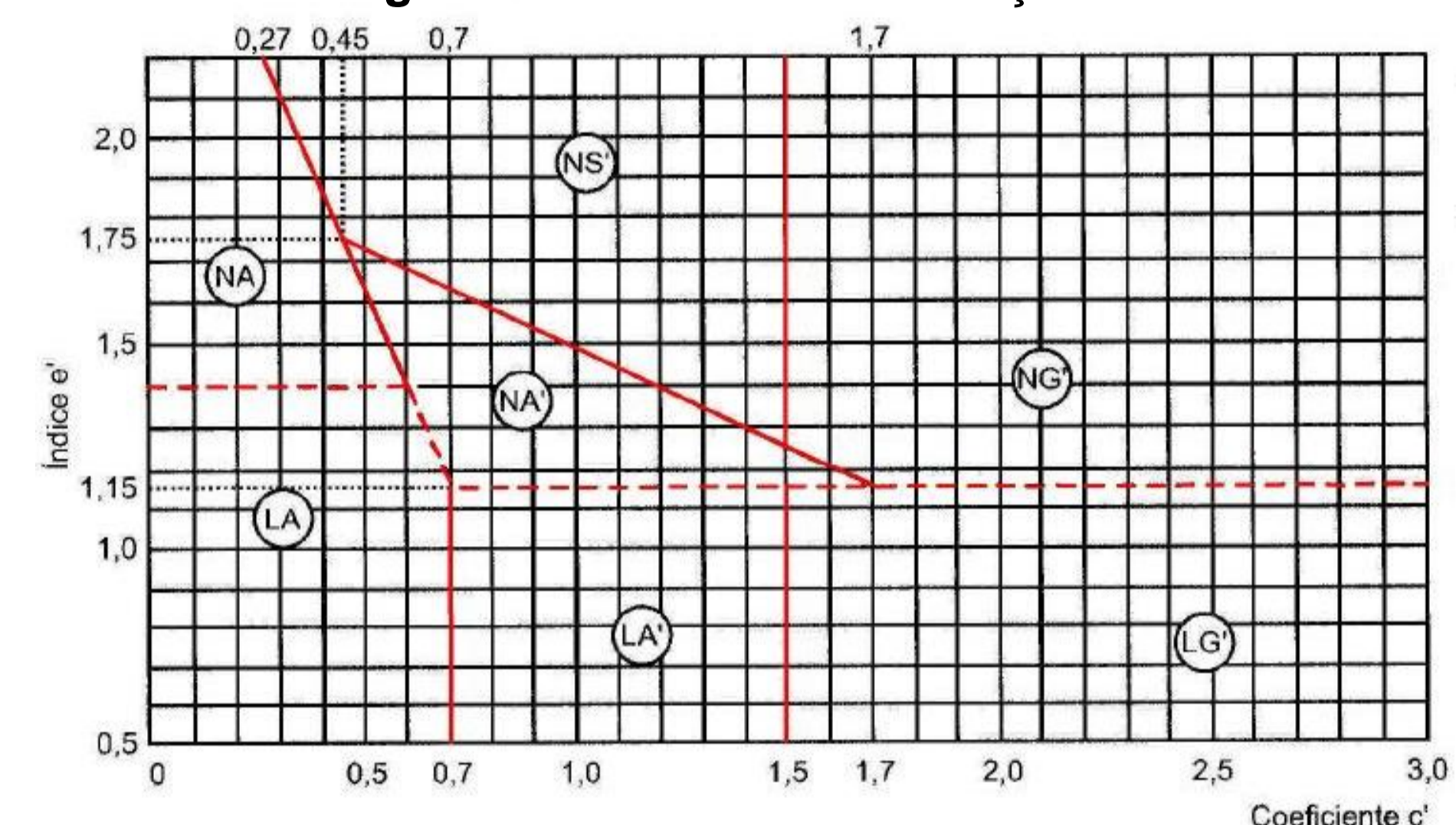
Para analisar a influência das principais variáveis foram estudados os índices físicos propostos pela metodologia MCT. O coeficiente c' é o parâmetro que pode ser relacionado com a textura do solo. Um valor de c' acima de 1,5 caracteriza as argilas e os solos argilosos, enquanto valores abaixo de 1,0 caracterizam as areias e siltes não plásticos ou pouco coesivos, valores entre os primeiros apresentados caracterizam solos de vários tipos granulométricos, compreendendo areias siltosas, areias argilosas, areias arenosas, argilas siltosas e outros.

Valores de d' maiores que 20 indicam solos com comportamentos lateríticos, já valores de d' menores que 10 indicam solos saprolíticos (siltes, areias, etc).

Para complementar o caráter laterítico do solo, indicado pelo coeficiente d' surgiu na classificação MCT o coeficiente P_i , o qual além de classificar o solo, indica qualitativamente resistência à erosão hídrica. Após a compactação, os corpos de provas ficam cerca de 20 horas imersos em água; podendo nesse período ocorrer desprendimento do solo. Essa massa desprendida é levada à balança e posteriormente à estufa para determinação da massa seca. A relação da massa seca obtida após secagem em estufa, com a massa desprendida no ensaio expressa em porcentagem a perda de massa por imersão (P_i).

Com estes dois índices é possível obter a classificação MCT do solo através do gráfico apresentado na Figura 1, este gráfico possui nas abscissas os valores de c' e no eixo das ordenadas o índice e' .

Figura 1. Gráfico da Classificação MCT.



Resultados

Os parâmetros de classificação dos solos segundo a metodologia MCT estão apresentados na Tabela 4. Observam-se certas discrepâncias entre as classificações texturais oriundas dos resultados dos ensaios de granulometria (Tabelas 1 e 2) e da Classificação MCT (Tabela 4). Isso ocorre, porque a Classificação MCT busca atender ao comportamento do solo e não à sua textura real, provinda da NBR 7181.

Tabela 4: Coeficientes e respectivas classificações MCT para os solos

	Delta A	Delta B	Laranjal	Ponto A	Ponto D
c'	0,62	1,30	0,73	1,00	1,10
d'	56,5	25,0	73,5	61,0	60,0
P_i	270	243	170	180	0
e'	1,42	1,48	1,25	1,29	0,69
Classificação MCT	Solo Arenoso	Solo Siltoso	Solo Arenoso	Solo Laterítico	Solo Arenoso
	Não Laterítico	Não Laterítico	Não Laterítico	Arenoso	Não Laterítico

Da Tabela 3, percebe-se que quanto aos limites de consistência, o solo de Laranjal Paulista apresentou maior plasticidade, oriunda, provavelmente, pela presença predominante da fração argila. O solo Delta A apresentou a menor plasticidade e os demais se situaram em posições intermediárias quanto à plasticidade. Com base no critério de plasticidade da CETESB (1993), o solo utilizado como barreira impermeabilizante em *liners* de aterros sanitários necessita ter um limite de plasticidade mínimo de 30% e índice de plasticidade maior ou igual a 15%. Nesse caso, todos os solos estudados, com exceção do Delta A, atendem a esse critério.

Conclusão

O estudo realizado permitiu conhecer as principais características e propriedades geotécnicas dos solos da Região de Campinas, assim como de Poços de Caldas - MG, indicando que os solos Delta A, Laranjal, Ponto A e principalmente Ponto D têm potencial para maiores estudos que provenham o uso em aterros de resíduos sólidos. O ensaio de compactação Mini-MCV indica bons parâmetros para classificação dos solos para obras geotécnicas-sanitárias, não somente para uso em pavimentos como é utilizado na grande maioria dos casos. Utilizando o critério estabelecido pela CETESB e as propriedades dos grupos MCT, tem-se que dentre todas as amostras, o solo Ponto D é o mais indicado para ser utilizado em aterros.