

ADITIVOS QUÍMICOS E SEUS EFEITOS SOBRE A COMPACTAÇÃO DO SOLO

Wesley Jorge Freire (1)

INTRODUÇÃO

O termo «compactação» do solo refere-se à prática de, artificialmente, aplicar sobre ele cargas dinâmicas, com a finalidade de aumentar a sua densidade aparente e se conseguir maior resistência.

O valor da densidade obtida pela compactação é influenciado pelo teor de umidade do solo e pela sua natureza (granulometria e propriedades físicas), bem como pela energia de compactação empregada; em menor grau, depende, ainda, da temperatura do solo e da água.

Os ensaios de compactação determinam a densidade à qual o solo pode ser compactado, definindo os parâmetros «densidade aparente máxima» e a correspondente «umidade ótima», que são fatores comparativos. Segundo a PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (1962), a densidade aparente máxima é alta quando se situa na faixa de 2,0 a 2,32 g/cm³, expressa em termos de peso seco em estufa, e baixa, quando varia de 1,36 a 1,6 g/cm³; um teor de umidade ótima baixo coincide com a densidade aparente máxima alta e está ao redor de 8%, enquanto que um teor de umidade ótima alto coincide com a densidade aparente máxima baixa e está ao redor de 20%. Segundo esta mesma fonte, a densidade aparente máxima de um solo dá informação aproximada da sua granulometria; a umidade ótima, sobre o teor de silte e argila; a forma da curva de compactação complementa com informações valiosas mostrando a influência da umidade sobre a capacidade de suporte do solo.

(1) Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu, UNESP.

E, com a finalidade de melhor aproveitar o solo local para fins de engenharia, intensificaram-se os estudos sobre a estabilização com aditivos químicos, produtos que, misturados com o solo em quantidades excepcionalmente pequenas, promovem acentuada estabilidade estrutural.

Modificando as condições físicas do solo, o efeito da aplicação de um aditivo varia, todavia, em função das características do solo e das condições sob as quais o produto foi aplicado.

Segundo O'BRIEN (1952), os solos com alto teor de argila são os que melhor respondem ao tratamento com aditivos químicos (ou condicionadores), enquanto que os arenosos são muito pouco afetados; os solos siltosos se situam numa posição intermediária. A este respeito, SHERWOOD & ENGIBOUS (1953) frisaram que os solos muito argilosos, que apresentam problemas de compactação e encrostamento superficial ou exibem condições físicas indesejáveis, são os que melhor respondem ao tratamento com condicionadores. Todavia, se o estado natural de agregação do solo for bastante desenvolvido, SLATER (1953) afirmou que o efeito do condicionador não será tão acentuado como seria se o solo fosse mal estruturado.

Embora o silicato de sódio se mostre promissor como agente estabilizador de solos, casos há em que seu efeito é negativo, quer pela insuficiência quer pelo excesso de sua concentração.

À medida em que ocorre a formação do gel de silicato de sódio, o mesmo começa a absorver água e a se hidratar, endurecendo-se e alterando a aparência do solo cujas partículas são aglutinadas, mudando, assim, a granulometria da mistura e aumentando sua resistência à compactação; isto afeta não apenas a umidade ótima como, também, a própria densidade aparente seca máxima. Uma vez que a energia de compactação é mantida constante, no ensaio de compactação, um aumento na resistência do solo à compactação provocará um decréscimo na densidade.

SILVEIRA (1967) concluiu que não há limitação para o emprego de substâncias químicas como estabilizantes do solo, havendo sempre o maior interesse em se pesquisar novos produtos, para uma criteriosa avaliação técnico-econômica da conveniência de sua utilização em cada caso particular.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram pesquisados dois solos, representativos de duas classes texturais distintas, os quais foram submetidos ao tratamento com carboximetilcelulose (de fórmula geral $Rn.OCH_2COONa$, na forma de pó solúvel em água), nas dosagens de 0,1% e 0,25%, e com silicato de sódio (neutro, de relação sílica-álcali igual a 3,2, contendo 30,1% de SiO_2 , em peso), a 0,6% e 1,2%, em relação ao peso do solo seco.

As amostras de ambos os solos foram coletadas à profundidade média de 20 a 50 cm, e suas características estão descritas no quadro I.

QUADRO I - Características dos solos empregados.

Solo		Argiloso	Arenoso
Composição textural (a) (%) em peso	Areia grossa	2,8	4,0
	Areia fina	25,6	73,4
	Silte	20,8	5,0
	Argila	50,8	17,6
Limites de consistência (%)	Límite de liquidez	41,55	17,62
	Límite de plasticidade	28,29	NP
	Índice de plasticidade	13,26	NP
Classificação	AASHO	A7-6(9)	A2-4(0)
	USBS (b)	Argila	barro arenoso
	Pedológica	TE(c)	LVE-ar(d)
Propriedades químicas	Capc. Troca Cat., e.mg/100g	7,41	2,73
	pH	5,6	4,6
	Matéria orgânica, %	1,91	0,47
Composição mineralógica (e) (%)	Caolinita	64,0-75,5	60,0-85,0
	Gibbsita	3,0-11,5	2,2- 2,5
	Alofana	13,3-18,0	11,6-13,9

(a) Baseada na classificação da AASHO (American Association of State Highway Officials) e ASTM (American Society for Testing Materials): areia grossa: 2,00 a 0,42 mm; areia fina: 0,42 a 0,074 mm; silte: 0,074 a 0,005 mm; argila: inferior a 0,005 mm; (b) United States Bureau of Soils, classificação trilinear; (c) Terra Roxa Estruturada; (d) Latossol Vermelho Escuro-fase arenosa; (e) Até profundidade de 2,5 m.

Os aditivos foram aplicados ao solo que, em todos os casos, compreendeu a fração menor do que 4,76 mm, e a ele incorporados, adicionando-se, em seguida, uma quantidade de água definida, calculada da maneira descrita por FREIRE (1976).

Para o traçado da curva de compactação do solo empregou-se o ensaio normal de Próctor, padronizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas em seu Método Brasileiro MB-33, determinando-se a densidade aparente máxima e a umidade ótima correspondente.

O efeito dos tratamentos foi avaliado através da aplicação de uma análise estatística não paramétrica, aos dados fornecidos pelo experimento, de acordo com as indicações de CAMPOS (1976). O teste de Kruskal-Wallis, substituto do teste F das análises paramétricas dos ensaios inteiramente casualizados, foi complementado com o emprego das comparações múltiplas correspondentes para localizar as diferenças significativas ocorridas entre pares de tratamentos, sendo que, em todos os casos, o número de repetições foi igual a três.

RESULTADOS

Os resultados do ensaio de compactação dos solos estudados, sob tratamento com aditivos químicos, estão apresentados no quadro II.

ANÁLISE E DISCUSSÃO

A análise estatística, aplicada aos dados fornecidos pelo ensaio de compactação dos solos empregados, mostrou que, com relação à densidade aparente máxima, ocorreram diferenças estatísticas localizadas entre os tratamentos 0,6% de SS (silicato de sódio) e 0,25% de CMC (carboximetilcelulose), em ambos os solos; no solo arenoso, o tratamento 1,2% de SS difere, também, do tratamento 0,25% de CMC. Em se tratando da umidade ótima, a análise estatística apenas foi significativa no caso do solo arenoso, tendo os tratamentos com silicato de sódio diferido do tratamento 0,25% de CMC.

Para fins de solo-cimento, é desejável que o solo apresente, além de outras características favoráveis, elevada densidade; sob este aspecto, o tratamento 0,6% de SS foi melhor que o tratamento 0,25% de CMC, conduzindo a valores mais elevados de densidade, em ambos os solos, o mesmo acontecendo com o tratamento 1,2% de SS que, no caso do solo arenoso, também difere do tratamento 0,25% de CMC. Os valores de densidade aparente máxima alcançados são considerados baixos, segundo o critério da PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (1962), para o solo argiloso, e médios ou quase altos, para o solo arenoso, corres-

pondendo teores de umidade ótima muito altos, para o solo argiloso, e médios ou quase baixos, para o solo arenoso, conforme se observa no quadro II.

QUADRO II - Ensaio de compactação dos solos estudados: densidade aparente máxima (γ_{\max}) e umidade ótima ($h_{ot.}$).

PARÂMETROS		TRATAMENTOS				
		TEST.	0,1%CMC	0,25%CMC	0,6%SS	1,2%SS
Solo argiloso						
$\gamma_{\max.}$ (g/dm ³)	R	1472	1467	1455	1481	1465
	E	1469	1459	1459	1488	1475
	P	1469	1462	1434	1472	1471
	\bar{X}	1470	1463	1449	1480	1470
$h_{ot.}$ (%)	R	30,8	31,0	30,6	30,2	31,0
	E	29,9	29,8	31,4	30,6	31,5
	P	30,1	31,2	31,7	30,6	30,6
	\bar{X}	30,3	30,7	31,2	30,5	31,0
Solo arenoso						
$\gamma_{\max.}$ (g/dm ³)	R	1932	1910	1830	1956	1957
	E	1930	1924	1826	1960	1964
	P	1928	1923	1828	1957	1953
	\bar{X}	1930	1919	1828	1958	1958
$h_{ot.}$ (%)	R	11,3	12,7	14,0	10,7	10,6
	E	11,8	12,1	13,8	10,0	10,5
	P	11,8	12,3	14,3	10,5	10,5
	\bar{X}	11,6	12,4	14,0	10,4	10,5

TEST. = Testemunha
 CMC = Carboximetilcelulose
 SS = Silicato de Sódio
 REP = Repetições
 \bar{X} = Média

CONCLUSÕES

Dentro das condições do presente trabalho, os resultados permitiram concluir que, em comparação com o tratamento 0,25% de CMC, o tratamento 0,6% de SS produziu, em ambos os solos, a maior densidade aparente máxima; este mesmo efeito foi conseguido, também, pelo tratamento 1,2% de SS, quando aplicado ao solo arenoso.

O tratamento com silicato de sódio provocou a diminuição do teor de umidade ótima do ensaio de compactação do solo arenoso, quando comparado com o tratamento 0,25% de CMC.

RESUMO

Tantò para fins de engenharia de solos como para fins de agricultura, a compactação do solo tem sido uma das características mais estudadas, do ponto de vista físico e mecânico, pois, alterando a sua densidade aparente, faz com que o solo apresente maior resistência ou propicie melhores condições ao desenvolvimento vegetal.

Recentes pesquisas têm demonstrado que o uso de aditivos químicos estabilizantes pode se tornar a solução para alguns problemas específicos envolvidos com a compactação do solo, de tal sorte que, aumentando ou diminuindo a sua resistência à compactação, o aditivo provocará um decréscimo ou acréscimo no valor da densidade aparente do solo.

Por esta razão objetivou-se, neste trabalho, estudar o efeito que o tratamento com aditivos químicos exerce sobre a compactação do solo. Para tal, foram empregados dois solos, um argiloso e outro barro arenoso, os quais foram tratados com 0,1% e 0,25% de carboximetilcelulose e 0,6% e 1,2% de silicato de sódio, de relação sílica-álcali igual a 3,2.

Após a aplicação de uma análise estatística não paramétrica, aos dados do trabalho, os resultados mostraram que, tanto a densidade aparente seca máxima como a umidade ótima do ensaio normal de Proctor, foram afetados pelo tratamento com aditivos químicos.

ABSTRACT

Both soil engineering and agriculture consider soil compaction as one of the more important physical and mechanical characteristics influencing soil resistance and plant growing.

The use of chemical soil stabilizers has been pointed out as the solution for treating some specific compaction problems. So this work was done with the objective of studying the effect of chemical additives on soil compaction.

Two soils, a clayey and a sandy loam soil, were treated with 0.1% and 0.25% of carboxymethylcellulose and 0.6% and 1.2% of sodium silicate (3.2 of silica-to-soda-ratio).

As much maximum density as optimum moisture of normal compaction test were affected by the treatment of soils with chemical additives.

LITERATURA CITADA

- CAMPOS, H., 1976. **Estatística experimental não paramétrica**, 2.^a ed. Piracicaba, ESALQ-USP, 332p. (mimeo.).
- FREIRE, W.J., 1976. Tratamento prévio do solo com aditivos químicos e seu efeito sobre a qualidade do solo-cimento. Tese de Doutorado, Piracicaba, ESALQ-USP, 142p. (mecano.)
- O'BRIEN, A.J., 1952. Five things you may not know about soil conditioners. **Chem. Engng.** 59(8): 311-312, 314-315.
- PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, 1962. Soil Primer. Illinois, Portland Cement Association, 52p.
- SHERWOOD, L.V. & J.C. ENGIBOUS, 1953. Status report on soil conditioning chemicals. II. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.** 17: 9-16.
- SILVEIRA, E.B.S., 1967. Estabilização do solo. São Carlos, EESC/USP. Publicação n.º 129, 50p.
- SLATER, C.S., 1953. Soil conditioners in soil conservation. **Agric. Engng.** 34(2): 100, 102.