

BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo

Vol. 25

Campinas, dezembro de 1966

N.º 38

EFEITO DA COMPACTAÇÃO ARTIFICIAL DE DOIS SOLOS LIMO-ARGILOSOS SÔBRE A PENETRAÇÃO DAS RAÍZES DE ARROZ (1)

FRANCISCO GROHMANN e JOSÉ PEREIRA DE QUEIROZ NETO, *Seção de Agrogeologia, Instituto Agronômico*

SINOPSE

Amostras de dois solos limo-argilosos foram compactadas, utilizando-se um compactador Bruce modificado. Tanto pela variação da intensidade de compactação como pela variação do teor de umidade do solo, obteve-se uma escala crescente de massas específicas aparentes dessas amostras. Nestas foram plantadas sementes de arroz, para determinar as relações entre a penetração das raízes da planta e a massa específica aparente do solo.

Verificou-se que, a partir de determinadas massas específicas aparentes, artificialmente obtidas, a penetração das raízes era totalmente impedida e o desenvolvimento do sistema radicular grandemente reduzido.

1 — INTRODUÇÃO

A compactação do solo, natural ou artificial, pode tornar-se uma das causas de insucesso no cultivo das plantas econômicas. Com o objetivo de verificar o efeito da compactação do solo sôbre a penetração de raízes, estudou-se a compactação artificial, em laboratório, do latossolo roxo e do podzólico vermelho amarelo-orto (2).

As modificações na aeração e disponibilidade de água e o impedimento físico parecem ser as principais conseqüências da compactação, agindo simultâneamente sôbre o desenvolvimento da planta (6, 7, 10, 11, 14).

Segundo Day (3), as modificações da estrutura do solo pela compactação são extremamente importantes, influenciando a movimentação da água e do oxigênio e afetando o desenvolvimento do próprio sistema radicular.

(1) Trabalho apresentado no II Congresso Latino-Americano e X Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Piracicaba, julho de 1965. Recebido para publicação em 19 de julho de 1966.

Confirmando essas observações, Trowse (11) verificou que a deformação que afeta o sistema radicular, em solos altamente compactados, é a consequência da baixa eficiência do movimento de ar, da água e dos nutrientes para as plantas.

Zimmerman (13), estudando a restrição do desenvolvimento das raízes em camadas compactadas de solo, cita como fatores limitantes: a falta de nutrientes disponíveis, a água disponível e as relações água-ar. Esse autor é de opinião que o suprimento de oxigênio, na camada compactada, não é fator limitante para a penetração e desenvolvimento das raízes.

Para Veihmeyer e Hendrickson (12), o valor da massa específica aparente é que limita o crescimento do sistema radicular. Estudando o problema com solos compactados artificialmente, esses autores verificaram que valores elevados de massa específica aparente não permitem a penetração e o desenvolvimento do sistema radicular. Isto pode ser observado em plantas que, crescendo em solos com subsolo adensado, apresentam um sistema radicular raso. A não penetração das raízes é devida ao pequeno diâmetro dos poros e não à falta de arejamento da camada.

Também para Wiersum (14), a redução da porosidade e a rigidez dos poros são os fatores mais importantes para o desenvolvimento do sistema radicular.

Rosemberg (10), por outro lado, observou que moderada compactação poderá, em alguns casos, ser benéfica ao desenvolvimento das plantas de algodão e tomate.

Os autores deste trabalho apresentam uma técnica para a compactação de amostras de solos. Utilizando um grande número de amostras compactadas, abrangendo uma faixa relativamente grande de variação de massas específicas aparentes, foi possível verificar que, a partir de determinados valores de massa específica aparente, o sistema radicular da planta apresentava seu crescimento e desenvolvimento completamente impedido.

Examinam ainda os autores algumas propriedades físicas da camada compactada, chamando a atenção para aquelas que mais se alteram por ocasião da compactação artificial do solo.

2 — MATERIAL E MÉTODOS

A compactação artificial em laboratório foi estudada em amostras do horizonte A do latossolo roxo, da Estação Experimental de Ribeirão Prêto, e do podzólico vermelho amarelo-orto, da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul. Esses solos foram escolhidos tendo em vista suas características físicas, sobretudo estruturais, bem como as peculiaridades que apresentam no tocante ao problema do manejo.

QUADRO 1. — Características físicas dos solos empregados no estudo da compactação, em laboratório

Solo	Argila	Limo	Areia fina	Areia grossa	P	S'	S	U. Eq.
	%	%	%	%	%	g/cm ³	g/cm ³	%
Latossolo roxo	42,4	27,8	25,3	4,5	67,0	0,98	2,98	26,0
Podzólico vermelho amarelo-orto ...	34,3	21,6	36,2	7,9	50,0	1,32	2,65	22,8

S' = massa específica aparente;

S = massa específica real;

U. Eq. = unidade equivalente;

P = porosidade.

As principais características físicas dos solos utilizados acham-se registrados no quadro 1. O latossolo roxo, limo-argiloso, apresenta baixa massa específica aparente natural e alta porosidade, além de características especiais à estrutura (5, 8): mais de 60% dos agregados são menores que 1 mm de diâmetro (8). O podzólico vermelho amarelo-orto, limo-argiloso, apresenta massa específica aparente natural bem mais elevada, bem como valores mais baixos para a porosidade total. Quanto às características estruturais, êste solo apresenta cerca de 60% de agregados maiores que 2 mm de diâmetro (9).

As amostras superficiais, depois de sêcas ao ar, foram passadas em peneiras de 2 mm de abertura de malha. Depois de umedecidas até atingirem os teores de umidade de 23, 26 e 33% para o latossolo roxo e 19, 20 e 30% para o podzólico vermelho amarelo-orto, as amostras foram guardadas em recipientes fechados, para homogeneização de umidade.

As amostras com os vários teores de umidade foram compactadas, fazendo-se variar a intensidade de compactação, com a finalidade de se obter uma escala crescente de massas específicas aparentes. A quantidade de solo compactado, em todos os casos, correspondeu sempre a 50 g de solo sêco a 110°C.

O aparelho compactador obedece, em linhas gerais, ao descrito por Bruce (1), porém com algumas modificações introduzidas pelos autores, a fim de facilitar o manuseio.

Na figura 1 é apresentado um esquema do compactador de amostras de solos, que consta das seguintes partes: a) base para

receber o porta-amostras; b) porta-amostras desmontável; c) pistão compactador, com guia para a queda de um determinado pêso; d) pêso.

A manipulação do aparelho compreende as seguintes operações: o porta-amostras é montado na sua base; por meio de um funil, a amostra de solo é colocada no porta-amostras, tendo-se o cuidado de nivelar a sua superfície.

Coloca-se a base do pistão compactador sôbre a amostra, com cuidado e de modo a mantê-lo em posição vertical. Deixa-se o pêso escolhido cair de uma altura prèviamente determinada, tantas vèzes quantas necessárias para se obter a compactação desejada.

O aparelho permite obter amostras compactadas, pela variação do número de batidas do pêso sôbre o pistão compactador, depois de fixada a altura de queda adequada. Como a superfície do porta-amostras é constante, a massa específica aparente é proporcional à altura da amostra compactada.

A altura de queda escolhida foi de 20 cm, e os pesos utilizados de 980, 1.800 e 3.600 gramas. Os valores crescentes de massas específicas aparentes foram obtidos fazendo-se variar o número de quedas e os pesos.

A amostra de solo, depois de retirada do compactador, foi pesada e mediu-se a sua altura com um paquímetro, para o cálculo do volume. Depois de sêca na estufa, na faixa térmica de 100-110°C, foi pesada para determinação do teor de umidade. A diferença nas duas pesagens forneceu o teor de umidade em volume; o pêso sêco, dividido pelo volume, forneceu o valor exato da massa específica aparente da amostra compactada.

A amostra compactada, cuja massa específica aparente já era conhecida, era umedecida por capilaridade, durante certo espaço de tempo. Nessas condições, plantou-se uma semente de arroz, para verificar o comportamento do sistema radicular face às diferenças de massa específica aparente das amostras.

A amostra com a semente foi então colocada em lata de alumínio sôbre uma camada de areia fina. A manutenção de um teor de umidade adequado para o bom desenvolvimento das plantinhas de arroz foi obtida através da adição freqüente de água sôbre a camada de areia, que a transmitia, por capilaridade, à amostra compactada.

Após a germinação das sementes, o sistema radicular das plantinhas era examinado para verificar a existência, nas amostras compactadas, de impedimento físico em relação ao crescimento e desenvolvimento do sistema radicular.

A figura 2 apresenta uma série de amostras compactadas, onde a planta teste era o milho, mostrando que as raízes atravessaram as amostras, não tendo ocorrido nenhum impedimento físico causado pela compactação.

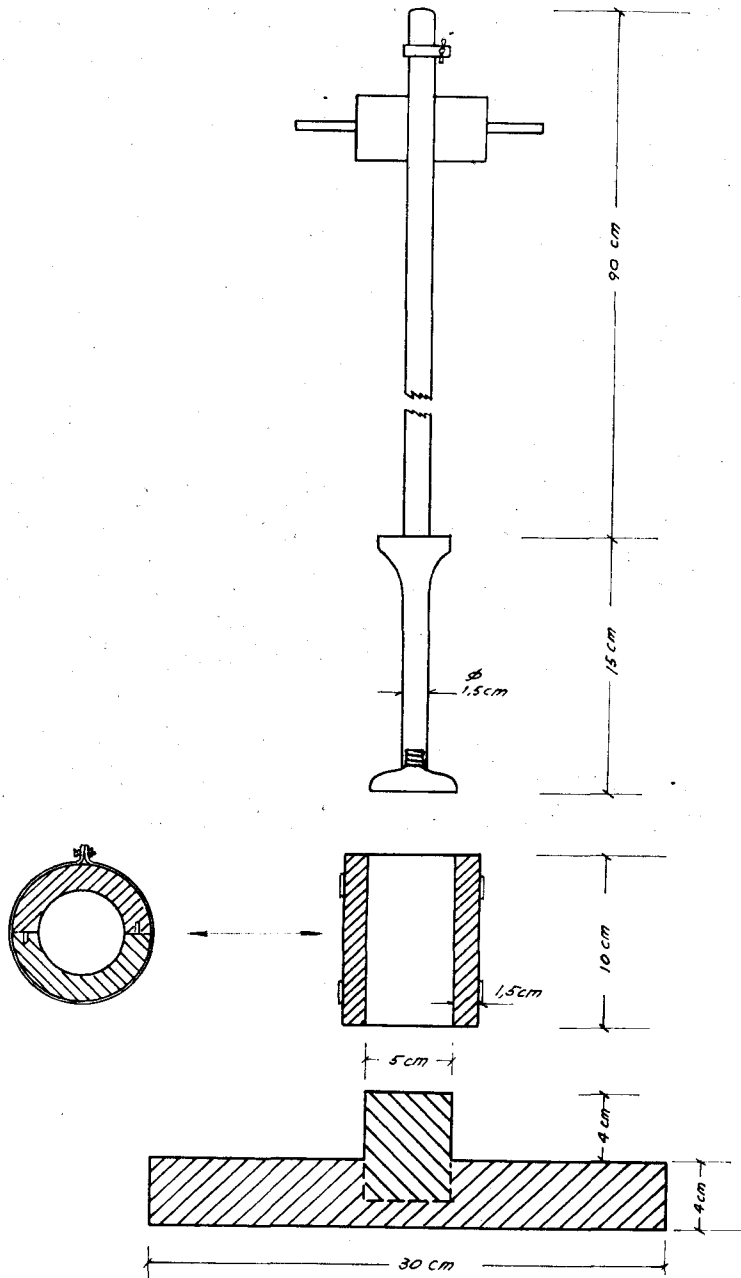


FIGURA 1. — Esquema do aparelho compactador de amostras de solo:
 a) base do porta-amostras; b) porta-amostras desmontável; c) pistão compactador com guia para a queda do péso; d) péso.



FIGURA 2. — Amostras compactadas mostrando o desenvolvimento do sistema radicular (neste caso milho).

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da compactação dos dois solos estudados são apresentados no quadro 2; êsses dados mostram claramente que o teor de umidade inicial da amostra é o fator mais importante na compactação do solo: para o mesmo número de pancadas, a massa específica aparente cresce em função do aumento do teor da umidade inicial da amostra.

Verifica-se, além disso, um comportamento nitidamente diferente, dos dois solos. O latossolo roxo apresenta uma capacidade de compactação nitidamente superior à do podzólico vermelho amarelo-orto: sua massa específica aparente varia de 0,98, nas condições naturais (quadro 1), até 1,59 com 10 pancadas e um teor de umidade de 33% (quadro 2), enquanto que a variação da massa

QUADRO 2. — Influência do teor de umidade e da intensidade de compactação sobre a massa específica aparente do latossolo roxo e do podzólico vermelho amarelo-orto

Solo	Teor de umidade	Peso utilizado, em gramas	Número de pancadas	Massa específica aparente
Latossolo roxo ...	23,0	980	5	1,04
			10	1,09
			15	1,18
	26,0	1.8004	5	1,16
			10	1,21
			15	1,32
	33,0	1.8004	5	1,44
			10	1,53
			15	1,59
Podzólico vermelho amarelo-orto ...	19,0	980	5	1,05
			10	1,21
			15	1,32
	20,0	1.8004	5	1,25
			10	1,32
			15	1,42
	30,0	1.8004	5	1,29
			10	1,38
			15	1,48

específica aparente do podzólico vermelho amarelo-orto, nas mesmas condições, passa de 1,32 (quadro 1) para apenas 1,48 (quadro 2).

Essa diferença de comportamento pode ser explicada, de um lado, pela porosidade natural mais elevada do latossolo roxo; no entanto, a porosidade depende das características estruturais desses solos (5, 8, 9), que exercem, assim, nítida influência sobre a capacidade de compactação. O latossolo roxo apresenta cerca de 60% de agregados menores do que 1 mm de diâmetro, enquanto que o podzólico vermelho amarelo-orto apresenta 60% de agregados maiores do que aquele diâmetro. Resulta desse fato uma maior capacidade de redução do volume do latossolo roxo, o que

lhe permite atingir massas específicas aparentes relativamente mais elevadas com a compactação.

O quadro 3 apresenta algumas alterações das características físicas nas amostras compactadas desses solos.

É possível verificar que a porosidade total é grandemente afetada pelo fenômeno. O latossolo roxo, nas condições naturais, apresenta uma porosidade total de cerca de 65% e uma porosidade não capilar de cerca de 25% (4).

A compactação apresentada no quadro 3 mostra que a porosidade total foi reduzida para 50%, enquanto que os poros livres diminuíram para cerca de 4%. No podzólico vermelho amarelo-orto a redução da porosidade total e dos poros livres, com a compactação, foi bastante intensa também.

A diminuição do volume total das amostras, com a compactação, é bastante sensível nos dois casos (quadro 3). Essa diminuição é devida, como foi discutido acima, principalmente à redução considerável do volume dos poros livres. Esse fato, como se observa no quadro 3, tem como consequência provocar o aumento relativo do volume da matéria sólida das amostras; além disso, como a quantidade em peso da água não varia com o número de pancadas, o volume por ela ocupado nas amostras aumenta com a compactação.

É possível supor, então, que a consequência mais importante da compactação seja tornar as partículas e agregados do solo mais íntima e fortemente ligados, formando um sistema cada vez mais rígido à medida que aumenta a intensidade de compactação ou o número de pancadas. Esse fenômeno pôde ser observado na prática: as amostras mais compactadas apresentavam-se duras, rígidas e muito resistentes ao quebramento. Todos esses fatos podem concorrer para alterar a dinâmica da água nas amostras: a diminuição da macroporosidade torna-as menos permeável.

A teoria da rigidez dos poros, de Wiersum (14), poderia ser aplicada: as quantidades de matéria sólida e água, em peso, não variam, ao passo que o volume relativo ocupado por elas na amostra compactada aumenta. A quantidade de poros livres diminui, ao mesmo tempo que aumenta a rigidez da amostra compactada. Seria o aumento da rigidez dos poros o principal responsável pelo não desenvolvimento do sistema radicular.

Nota-se que, a partir de valores de 1,42 de massa específica aparente, para o latossolo roxo, e 1,38 para o podzólico vermelho amarelo-orto, não houve desenvolvimento do sistema radicular das plantinhas do arroz. Isto é muito bem ilustrado na figura 3, onde o sistema radicular aparece enovelado nas amostras altamente compactadas.

Há, no latossolo roxo, em relação à penetração e desenvolvimento do sistema radicular, uma faixa mais ampla de tolerância à compactação, pois este solo, com uma massa específica natural de 0,9 — 1,0, quando compactado até valores de 1,42, não per-

QUADRO 3. — Alteração de algumas propriedades físicas ocasionadas pela compactação, no latossolo roxo (com 26 e 33% de umidade) e no podzólico vermelho amarelo-orto (com 20 e 30% de umidade), variando-se a intensidade de compactação

Solo	Peso utilizado, em gramas	Número de pancadas	Volume da amostra compactada	Massa específica aparente	Porosidade total	Volume da matéria sólida	Água % em volume	Poros livres
			cm ³	g/cm ³	%	%	%	%
Latossolo roxo	3.600	5	37,7	1,32	55,7	44,3	35,2	20,5
		10	35,7	1,38	53,7	46,3	36,9	16,8
		15	33,0	1,50	49,7	50,3	40,7	9,0
	980	5	40,8	1,23	58,7	41,3	39,4	19,3
		10	36,9	1,36	54,4	45,6	43,4	11,0
		15	33,6	1,49	50,0	50,0	46,7	3,3
Podzólico vermelho amarelo-orto ...	1.800	5	40,5	1,25	52,8	47,2	26,1	26,7
		10	38,3	1,32	50,2	49,8	25,4	24,8
		15	35,5	1,42	46,5	53,5	28,1	18,4
	980	5	48,5	1,04	60,8	39,2	30,0	30,8
		10	39,3	1,28	51,7	48,3	37,1	14,6
		15	35,9	1,40	47,2	52,8	41,1	6,1

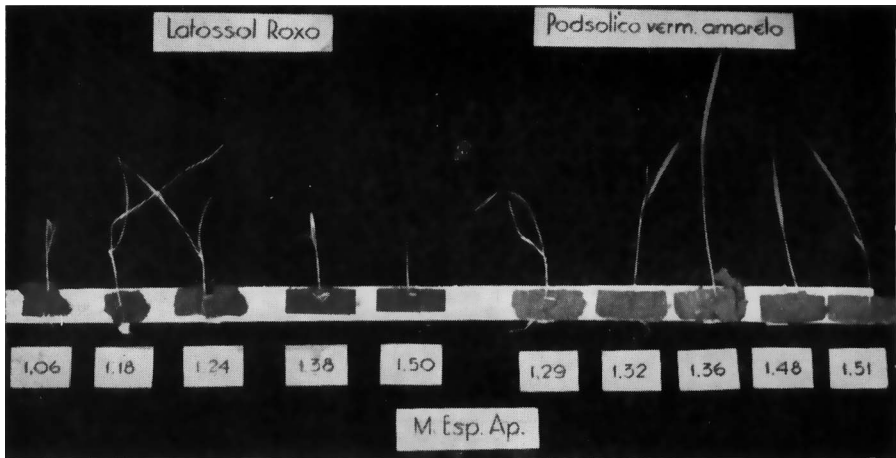


FIGURA 3. — Amostras do latossolo roxo e do podzólico vermelho-amarelo-orto com valores crescentes de massas específicas aparentes, mostrando que o sistema radicular enovelou a partir dos valores 1,38 e 1,48 de massa específica aparente, respectivamente, nos dois solos.

mite o desenvolvimento e penetração das raízes da planta. O podzólico vermelho-amarelo-orto, por outro lado, com massa específica natural de 1,28 — 1,30, não mais permite a penetração e o desenvolvimento das raízes, quando a massa específica aparente, por compactação, atinge o valor 1,38.

Quando o solo é compactado até atingir altos valores para a massa específica aparente, as condições físicas alteram-se, como foi visto linhas atrás, e a amostra torna-se mais resistente à penetração e ao desenvolvimento do sistema radicular.

4 — CONCLUSÕES

Os dados deste trabalho, permitem as seguintes conclusões:

1 — A faixa de compactação não prejudicial ao desenvolvimento do sistema radicular foi mais ampla no latossolo-roxo do que no podzólico vermelho-amarelo-orto.

2 — Houve um impedimento físico ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas de arroz, quando a massa específica aparente atingiu valores superiores a 1,42 no latossolo-roxo e a 1,38 no podzólico vermelho-amarelo-orto.

3 — A rigidez dos poros, nas amostras altamente compactadas, parece ter sido o fator desponsável pelo não desenvolvimento ou limitação da penetração do sistema radicular nas amostras estudadas.

EFFECT OF ARTIFICIAL COMPACTION OF TWO LOAMY-CLAYEY SOILS UPON THE PENETRATION OF RICE ROOTS

SUMMARY

The authors present a method for soil sample compaction and propose especial equipment for this purpose.

In this paper some results are given of compaction of two soils, by the water content and the intensity of compaction.

Compacted soil samples were obtained in order to get an increasing scale of bulk densities. On these samples rice was planted to determine the ratios between rot penetration of the test plants and bulk densities of the soil.

The authors were able to find out that from determined values of bulk densities artificially obtained, the rice roots were unable to penetrate the compacted soil samples and the development of the root system was largely reduced.

LITERATURA CITADA

1. BRUCE, R. R. An instrument for the determination of soil compactability. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 19:237-257. 1955.
2. Comissão de solos. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. Boletim n.º 12, do Serviço Nacional de Pesquisas Agrônomicas. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1960. 625p.
3. DAY, P. R. & HOLMGREN, G. G. Microscopic changes in soil structure during compression. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 16:73-77. 1952.
4. GROHMANN, F. Distribuição e tamanho de poros em três tipos de solos do Estado de São Paulo. *Bragantia* 19:[319]-328. 1960.
5. ———, & ARRUDA, H. V. Influência do preparo do solo sobre a estrutura da Terra-Roxa-Legítima. *Bragantia* 20:[1203]-1209. 1961.
6. HEATH, O. V. S. A study in soil cultivation. *J. Agr. Sc.* 27:511-540. 1937.
7. PHILLIPS, R. E. & DON KIRKMAN. Mechanical impedance and corn root growth. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 26:319-332. 1962.
8. QUEIROZ, J. P. (neto) & GROHMANN, F. Estado de agregação na Terra-Roxa (Série Chapadão) num ensaio de adubação de milho. *Bragantia* 22:[635]-646. 1963.
9. ———, OLIVEIRA, J. B. & GROHMANN, F. Características da estrutura de um podzólico vermelho amarelo, da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul (no prelo).
10. ROSEMBERG, N. J. & WILLITS, N. A. Yield and physiological response of barley and beans grown in artificially compacted soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 26:78-82. 1962.
11. TROUSE, A. C. (jr.) & HUMBERT, R. P. Some effects of soil compaction on the development of sugar cane roots. *Soil Sci.* 91:208-217. 1961.
12. VEIHMEYER, F. J. & HENDRICKSON, A. H. Soil density and root penetration. *Soil Sci.* 65:487-493. 1948.
13. ZIMMERMAN, R. P. & KARDOS, L. T. Effects of bulk density on root growth. *Soil Sci.* 91:280-288. 1961.
14. WIERSUM, L. K. The relationship of the size and structural rigidity of pores and their penetration by roots. *Plant and soil.* 9:75-85. 1957.