

REVISTA DE AGRONOMÍA

Año 2010 Vol. XXVII No. 1 (Pags. 74-84)

A COMPACTAÇÃO DE TRÊS MATERIAIS DE SOLO, NA REDUÇÃO DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA, POROSIDADE DO SOLO E MATÉRIA SECA DE RAIZ NAS CULTURAS DE SOJA E CAUPI**THE COMPACTION OF THREE MATERIALS OF SOIL , FROM REDUCTION IN THE CONDUTIVIDADE HYDRAULIC, THE POROUS OF THE SOIL AND DRIED MATERIAL OF ROOT ON THE SOYBEAN AND CAUPI CULTURES**

1. Mario Orlando Diaz Zambrana , 2. Hugo Alberto Ruiz , 3. Telmo Carvalho Alves da Silva, 4. Julio César Lima Neves, 5. Gilberto Fernandes Corrêa 6. 5. Marco Hugo Ruiz Eraso.

Fecha de Recepción: 5 de Abril de 2009

Fecha de Aceptación: 7 de Mayo de 2010

RESUMO

A compactação do solo é um fator limitante, no crescimento e na produção das culturas. Objetivou-se neste trabalho avaliar a macroporosidade, a microporosidade, a condutividade hidráulica em meio saturado e a produção de matéria seca das raízes de soja e caupi, em resposta ao índice de compactação (IC), em três solos: Neossolo Quartzarênico (NQ) Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e Latossolo Vermelho-Amarelo distroférico (LVAdf). Determinou-se em laboratório a densidade máxima para cada solo, utilizando o teste de Proctor. O índice de compactação foi definido pela relação entre a densidade do solo e a densidade máxima de Proctor. Assim trabalhou-se com seis índices de compactação (0,77, 0,82, 0,86, 0,89, 0,92 e 0,97). As amostras solo foram de solo superficial (0- 20 cm), para laboratório e casa de vegetação; nesta última testou-se o comportamento radicular de soja e caupi. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em três repetições, correspondendo a um arranjo fatorial (3 solos x 6 IC); os resultados se ajustaram a diferentes modelos de regressão. Foram constatadas diferenças na suscetibilidade à compactação, observando uma redução mais acentuada da macroporosidade e condutividade hidráulica em amostras compactadas do solo NQ do que nos solos LVd e LVAdf. O solo NQ limitou mais severamente a penetração radicular das plantas e a sua produção de matéria seca. O LVAdf apresentou a menor restrição para penetração das raízes e produção de matéria seca nos seis índices de compactação. A cultura do caupi foi mais sensível à compactação, restringindo seu desenvolvimento radicular e sua produção de matéria seca.

Termos de indexação: penetrabilidade, densidade relativa.

c_agricolamontero@uagr.m.bo, Professor UAGRM, Santa Cruz, Bolívia.

hruiz@ufv.br, Professor Universidade Federal de Viçosa, M.G. Brasil.

www.ufv.br, Professor Universidade Federal de Viçosa, M.G.; Brasil.

julio_n2003@yahoo.com.br, Professor Universidade Federal de Viçosa, M.G.; Brasil.

gfcorrea@ufu.br, Professor Universidade Federal de Uberlândia, M.G. Brasil.

hugoruize@yahoo.com, Professor Universidade de Nariño, Pasto, Nariño, Colômbia.

ABSTRACT

The compaction of the soil that's a factor limiting, into the growth and on production from the cultures. The Objective of the work access the macroporosidade, the microporosidade, the condutividade hydraulic em half saturated and the production of material dried from the root of soy & caupi em response the indicates of compaction (IC), into three soils: Neossolo Quartzarénico NQ Latossolo red distrófico LVd and Latossolo red - yellow distroférico LVAdf). She determined - if em laboratory the density maximum for each soil, by using the tryout of Proctor. The index of compaction was defined by relation among the density of the soil and the density maximum of Proctor. Such the worked if with six indexes of compaction (0,77, 0,82, 0,86, 0,89, 0,92 and 0,97). The samples soil have been of soil superficial (0 - 20 cm) to laboratory and greenhouse in this last, was of tests the way radicular of soybean and caupi. The tracing experimental was in blocks contingent, into three repetitions, corresponding to a arrangement factorial (3 soils x 6 IC); the results was adjusted in different models of regression. Have been certify differences on susceptibility on the compaction, looking a sizeable reduction from macroporosidade and condutividade hydraulic in compactor of the soil NQ compared with the soils LVd and LVAdf. The NQ soil limited most severely the penetration radicular from the plants and the material dried production. The LVAdf presented the smaller restriction to penetration from the root and of material dried production on the six indexes of compaction. The culture of the caupi was more sensitive on the compaction, confine your development radicular and of material dried production.

Index terms: penetrabilidade, density relative.

INTRODUÇÃO

A compactação é um dos principais processos de degradação do solo e afeta principalmente a sua estrutura, o que ocasiona diminuição da porosidade e conseqüente redução na absorção de água e nutrientes pela planta.

No estudo da densidade do solo e de seu conteúdo de água quando aplicou-se uma força constante, Proctor (1933) verificou que a densidade aumentava com a umidade até atingir um máximo e logo diminuía, com maiores acréscimos de água. Na porção ascendente da curva, com o incremento na umidade, a película de água adsorvida fica mais espessa, provocando a lubrificação das partículas, que deslizam e se orientam, formando uma massa mais densa. Após atingir o valor máximo, a densidade diminui. Nesse segmento da curva, os altos teores de água promovem o

afastamento das partículas, comportando-se o solo como um fluido (Baver et al., 1972; Hillel, 1982). O valor máximo atingido foi denominado "densidade aparente máxima" e a umidade correspondente, "umidade ótima de compactação". Esses termos são utilizados em mecânica do solo, visando à construção de estradas (Proctor, 1933). A última expressão não é adequada na ciência do solo, que utiliza, com maior propriedade, o termo "Umidade Crítica de Compactação" (Saini & Chow, 1984).

Os processos de compactação do solo causam mudanças no seu volume; assim, para medir esses impactos, parece ser mais apropriado o uso de métodos baseados nas relações volumétricas, preferencialmente densidade ou porosidade do solo (Hakansson, 1990; Hakansson & Lipiec, 2000). A "compactação relativa" ou "grau de compactação", que implica no índice de vazios de um solo em

relação ao índice de vazios do mesmo solo em um estado de referência (Hakansson, 1990), pode ser um parâmetro útil e de fácil medição para indicar mudanças nos parâmetros físicos, como macroporosidade, permeabilidade ao ar, resistência à penetração do solo e condutividade hidráulica (Carter 1990) e resposta das culturas em diferentes tipos de solos (Carter, 1990; Hakansson, 1990; Lipiec et al., 1991; Silva et al., 1997).

Na busca de indicadores físicos de qualidade do solo, Carter (1990), Hakansson (1990), Liepic et al. (1991), Hakansson & Liepic (2000), Ferreras et al. (2001) e Nhantumbo & Cambule (2006) apresentam como indicador da qualidade da estrutura do solo a densidade resultante da máxima compactação obtida em laboratório (DMS) pelo teste de Proctor ou outros métodos de compressão.

Nesse sentido, Carter (1990) trabalhando em solos arenosos (0,10 kg kg⁻¹ argila; 0,30 kg kg⁻¹ silte e 0,60 kg kg⁻¹ de areia) obteve máximo rendimento de cereais quando a densidade relativa (DR) manteve-se entre 0,77 e 0,84. Esse autor destaca ainda que em áreas sob plantio direto, um valor de DR de 0,89 já afeta o desenvolvimento das plantas, principalmente por deficiência de aeração do solo, acarretada pela redução do volume de macroporos. Hakansson (1990), em solos da Suécia, encontrou máximo rendimento de cevada (*Hordeum vulgare* L.) quando a DR se encontrava próximo a 0,87. Apresentou ainda alguns ajustes desse valor em função da textura e do teor de carbono do solo. Liepic et al. (1991) realizaram experimentos com cultura da cevada em dois solos; um com 0,20 kg kg⁻¹ e outro com 0,60 kg kg⁻¹ de argila, e concluíram que para ambos o crescimento das plantas e o rendimento de grãos são reduzidos quando a DR excede valores de 0,91 e 0,88, respectivamente.

A compactação do solo provoca alterações nas relações dos poros. Silva (1984) observou redução dos poros maiores que 0,05 mm e incremento dos poros inferiores a esse limite quando compactou, artificialmente, amostras retiradas de dois Latossolos sob diferentes coberturas, Alvarenga (1993) verificou redução de 0,31 para 0,10 m³ m⁻³

na macroporosidade quando a compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo incrementou a densidade de 1,04 para 1,40 kg dm⁻³.

Os processos de compactação reduzem significativamente o volume do ar no solo. Vários autores propõem como volume mínimo de ar 0,10 m³ m⁻³ para permitir adequada aeração das raízes (Vomocil & Flocker, 1966; Baver et al., 1972; Taylor & Ascroft, 1972; Xu et al., 1992). Esse valor em relação com índice de compactação, em trabalho de O'Connell (1975), correspondeu a 0,90 no IC.

Qualquer alteração significativa que ocorra na estrutura do solo, seja pela compactação, seja por outro processo, provocará mudanças nas relações solo-água-ar, na resistência mecânica e na própria temperatura do solo e, em conseqüência, na resposta deste em termos de comportamento físico ao crescimento das plantas, (Pedrotti & Dias Jr., 1996).

Borges et al. (1988) observaram ausência de raízes de soja quando atingida densidade do solo de 1,35 kg dm⁻³, em Latossolo Vermelho de textura muito argilosa. Para a mesma cultura, em Latossolos de composição granulométrica semelhante, Moraes (1988) encontrou valores limite de 1,23 a 1,30 kg dm⁻³.

O Objetivo deste trabalho foi avaliar a porosidade e a condutividade hidráulica em meio saturado, com amostras de três solos, em função do índice de compactação (IC), e o crescimento de raízes de soja e de caupi, em ensaios de laboratório e em casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas amostras de três solos: Um Neossolo Quartzarênico (NQ), da região de Três Marias; um Latossolo Vermelho distrófico (LVd)), do município de São Sebastião do Paraíso; e um Latossolo Vermelho-Amarelo distroférico (LVAdf), do município de Viçosa. As amostras foram retiradas da camada superficial do solo, 0 a 20 cm e, na seqüência, secadas ao ar, passadas em peneira de 2 mm e caracterizadas as variáveis físicas de cada solo (Quadro 1).

Quadro 1. Caracterização do Neossolo Quartzarênico (NQ), do Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e do Latossolo Vermelho-Amarelo distroférico (LVAdf)

Característica	NQ	LVd	LVAdf
Areia (dag kg ⁻¹)	45	17	2
Silte (dag kg ⁻¹)	5	23	10
Argila (dag kg ⁻¹)	17	31	59
Densidade máxima de Proctor (DMP) (kg dm ⁻³)	1,85	1,63	1,37
Umidade para atingir a DMP (kg kg ⁻¹)	10	23,2	30,7
Limite de liquidez (kg kg ⁻¹)	15,30	35,20	42,80
Limite de plasticidade (kg kg ⁻¹)	13	24,90	31,20
Densidade de partículas (kg dm ⁻³)	2,65	2,85	2,59

Determinação do IC, porosidade, micro, macroporosidade e condutividade hidráulica em meio saturado

As unidades experimentais utilizadas no ensaio foram tubos cilíndricos de aço inoxidável, de 7,02 cm de diâmetro e 2,75 cm de altura, ocupando o solo peneirado em malha de 2 mm um volume de 106 cm³. Em todos os ensaios foram testados seis índices de compactação (IC): 0,77, 0,82, 0,86, 0,89, 0,92 e 0,97. Após preencher os tubos com solo, adicionou-se quantidade de água que permitia atingir a densidade máxima de Proctor. As amostras foram compactadas até os índices relativos preestabelecidos, utilizando uma prensa hidráulica.

Na determinação da densidade máxima de Proctor (DP), utilizou-se o método indicado no Ensaio NBR 7182 (ABNT, 1986). A máxima densidade foi determinada segundo metodologia proposta por Saini & Chow (1984).

Os tratamentos estudados corresponderam a um fatorial 3 x 6, sendo os solos Neossolo Quartzarênico (NQ), Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e Latossolo Vermelho-Amarelo distroférico (LVAdf) e seis IC (0,77, 0,82, 0,86, 0,89, 0,92 e 0,97). Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições.

As amostras compactadas foram saturadas por capilaridade, durante 24 horas determinando-se o conteúdo de água em base volumétrica. Esse valor foi denominado porosidade total determinada (PTD). Em seguida as amostras foram colocadas em funis de placa porosa e submetidas à tensão de 60 cm de coluna de água até atingir o equilíbrio (Bouma, 1974). A umidade em base volumétrica nessas condições corresponde à microporosidade (Pm) (poros <0,05 mm). A macroporosidade (PM) foi calculada subtraindo-se da porosidade total calculada (PTC) a microporosidade na equação:

$$PTc = (1 - D_s D_p^{-1}) \cdot 100$$

Em que D_s e D_p correspondem a densidade do solo e partículas, respectivamente expressas em (kg dm⁻³).

Sob o mesmo esquema experimental do ensaio da porosidade, foi determinada a condutividade hidráulica saturada. Utilizaram-se anéis de 10 cm de altura e 7 cm de diâmetro interno. As amostras compactadas previamente foram saturadas durante 24 horas. Posteriormente foram colocadas em permeâmetros de carga constante, aplicando-se lâmina (ℓ) de 2,0 cm de espessura (Ferreiras, 2001). As leituras foram feitas de hora em hora, durante oito horas

consecutivas. A condutividade hidráulica foi calculada utilizando a equação de Darcy:

$$K_s = Q \cdot (A^1 \cdot t^1) \cdot L \cdot H^1$$

Em que:

- Ks = condutividade hidráulica em (m s⁻¹)
- Q = volume de água percolado no tempo t, em m³
- A = área de seção transversal no tubo, em m²
- H = carga hidráulica total, em metros de coluna de água
- L = comprimento da coluna de solo, em m.
- T = tempo

No estudo em casa de vegetação utilizaram - se duas espécies vegetais: soja (*Glicine max* (L.) Merrill. variedade Doko) e Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. Cultivar IPEAN - 69). Esses materiais foram plantados nos três solos (NQ, LVd e LVdf) e seis IC: 0,77, 0,82, 0,86, 0,89, 0,92 e 0,97, sendo dispostos em um delineamento de blocos casulizados com três repetições, que corresponderam a um arranjo fatorial (2 x 3 x 6).

Para a compactação das amostras, estas permaneceram umedecidas durante 48 horas em umidade crítica de compactação, para serem posteriormente compactadas em anéis de PVC de 14 cm de diâmetro interno. O solo foi colocado e compactado em cinco camadas até atingir uma altura de 13,75 cm. Nesse processo, utilizou-se material corrigido e adubado. Essas práticas foram adotadas considerando-se o volume de solo nos anéis. Desse modo foram aplicados os corretivos CaCO₃ + MgCO₃ (4:1) e adubação com KH₂PO₄, CaH₂PO₄, KNO₃ e NaH₂PO₄, em doses de 350 e 130 mg.dm³ para P e K respectivamente; o S foi aplicado na forma de NH₄SO₄, e os micronutrientes, numa solução. Todos esses materiais foram incubados em diferentes épocas, por 10 dias, com umidade próxima a 80% da capacidade de campo, em cada solo.

Da parte central da coluna do solo compactado retirou-se um cilindro de solo com diâmetro de 7,5 cm e altura de 2,75 cm, para dar lugar a um anel interno com 350 cm³ de solo não

compactado, visando facilitar a germinação das sementes. Cinco sementes de cada espécie foram colocadas em cada coluna desbastando-se após 10 dias. Aos 10 e 20 dias após emergência, foram aplicados 30 mg. dm³ de NH₄NO₃.

Após 30 dias da emergência finalizou-se o experimento. Na avaliação da penetração das raízes, somente foram consideradas aquelas que penetraram na camada compactada; descartando aquelas raízes crescidas nos outros lugares da coluna.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1, podem-se observar as relações de macroporosidade, microporosidade calculada e relativa com o índice de compactação. Verificou-se que, para um mesmo valor de macroporosidade, os valores de densidade do solo são variáveis (figura 1a). O NQ apresentou os valores mais altos, situação que se pode atribuir aos valores baixos de matéria orgânica (0,4 da.kg¹) e argila (0,4 da.kg¹), comparado com os valores de 1,8 da.kg¹, 3,4 da.kg¹ para LVd e 3,4 da.kg¹ e 59 da.kg¹ para LVAdf. Essas diferenças podem ser atribuídas à variabilidade do solo de acordo com a granulometria e o teor de matéria orgânica, sendo esses dois fatores os que mais influenciam a compactação dos solos (Silva, *et al.*, 1997; Nhantumbo, Cambule, 2006).

No tocante a macroporosidade e ao índice de compactação (Figura 1b), o NQ apresentou a maior susceptibilidade à compactação (Quadro 2), atingindo valores mínimos de macroporosidade (0,095 m³m⁻³) num intervalo menor do que o dos solos LVd e LVAdf. Igualmente, observou-se uma aproximação das três curvas e uma inversão do resultado observado na figura 1a. Essa maior redução da macroporosidade reflete a maior susceptibilidade a compactação, indicando, além disso, que a redução da porosidade que corresponde à densidade da amostra peneirada e à máxima atingida pelo ensaio do proctor se deve principalmente à modificação da macro porosidade conforme indicado por O'Connell (1975) e Perez Diaz (1989).

Ao comparar o LVd com o LVAdf, observou-se que o primeiro maior suscetibilidade à compactação. A relação que apresentaram os dois solos para silte e areia fina foi de 45 dg.kg⁻¹ e 13 dg.kg⁻¹ para LVd e LVAdf, respectivamente. Isso produz diferentes tipos de empacotamento das partículas, o que outorga maior suscetibilidade à compactação para o LVd.

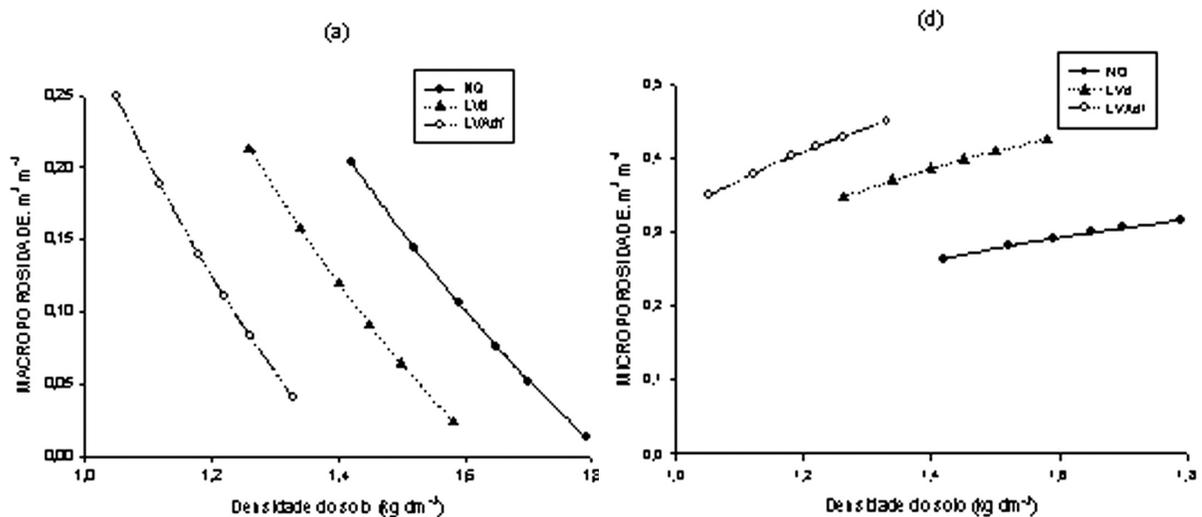
Na figura 1c. Os maiores valores de macroporosidade (Quadro 2), foram certificados no solo NQ, muito próximo dos valores obtidos para LVd e LVAdf, nos diferentes níveis de compactação. Essa situação pode ser atribuída a que ao fato de que o IC é menos influenciado pelas características dos minerais no solo e independe do tipo e da granulometria do solo (Håkansson, 1990; Lipiec et al., 1991; Håkansson & Lipiec, 2000). Dessa forma a utilização da IC e da macroporosidade relativa é uma forma de evitar essas diferenças entre os solos, permitindo compará-los quantitativamente, segundo Arvidsson & Håkansson (1991). Pode-se inferir que o LVAdf apresenta uma menor suscetibilidade a compactação e a faixa de macroporosidade relativa é maior do que os outros dois solos, tendo no nível máximo de compactação maior macroporosidade que o LVd e NQ.

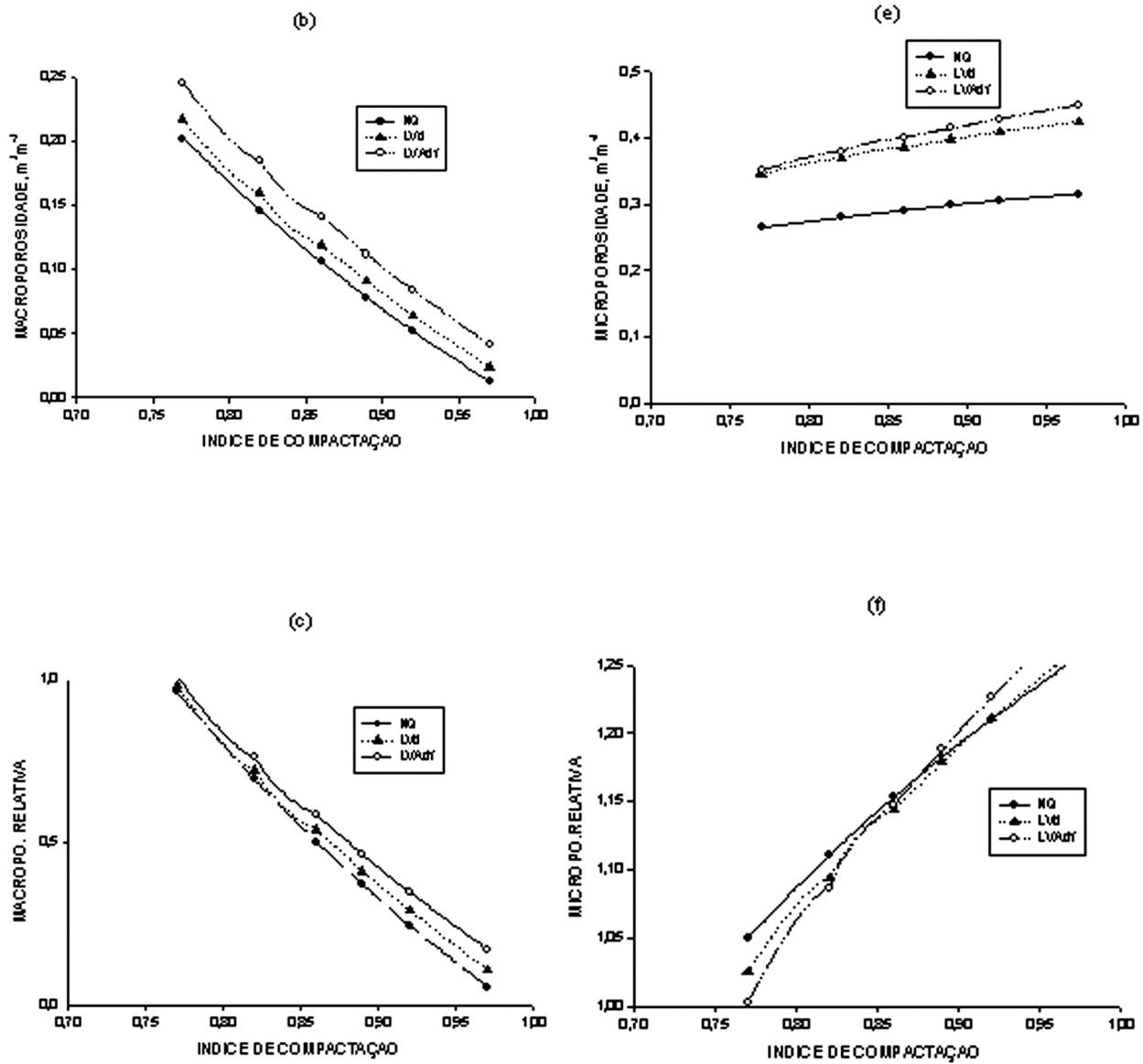
Em relação a microporosidade, observou-se que, em um maior valor de densidade para o solo NQ (Figura 1d), o valor da microporo-

sidade é menor, o que permite afirmar que a granulometria do solo influi nessa situação. Na relação da microporosidade com o IC (Figura 1f), observou-se que o LVAdf possui os maiores valores de microporosidade (Quadro 2), nos mesmos índices de compactação do que NQ e LVd, nesse caso, a composição mineralógica deste solo. Na microporosidade relativa (Figura 1f), os três solos apresentaram valores muito próximos, o que significa que o NQ tem probabilidades de obter alta microporosidade com incremento do IC.

A condutividade hidráulica (Figura 2 a, b, c) mostrou valores contrastantes. O solo NQ, pela sua composição granulométrica e estrutura, obteve valores de condutividade similares aos obtidos por LVd e LVAdf, porém com densidades de solo mais elevadas. Na relação condutividade e IC (Figura 2b), o solo NQ limitou drasticamente a condutividade com o aumento dos níveis de IC. Essa menor movimentação de água é explicada pela menor proporção de macroporos a maior compactação (Quadro 2), havendo diminuição drástica dos poros maiores que 0,05 mm.

Figura 1. Relações de macro e microporosidade, calculada e relativa, com a densidade do solo e o índice de compactação, em Neossolo Quartzarénico (NQ), Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e Latossolo Vermelho-Amarelo distroférrico (LVAdf).





Quadro 2. Densidade do solo (D_s) e valores absolutos (A) e relativos (R) da porosidade total (PT), da macro e microporosidade e da condutividade hidráulica em meio saturado (K_0), em função do índice de compactação (IC), para os três solos estudados

IC	D_s	PT		Macro		Micro		K_0	
		A	R	A	R	A	R	A	R
	$kg\ dm^{-3}$	$m^3\ m^{-3}$		$m^3\ m^{-3}$		$m^3\ m^{-3}$		$cm\ h^{-1}$	

Neossolo Quartzarênico									
0,77	1,42	0,462	1,000	0,210	1,000	0,252	1,000	7,80	1,000
0,82	1,52	0,428	0,925	0,136	0,648	0,292	1,155	5,10	0,654
0,86	1,59	0,400	0,864	0,105	0,500	0,295	1,167	3,10	0,397
0,89	1,65	0,379	0,819	0,076	0,362	0,303	1,199	1,10	0,141
0,92	1,70	0,358	0,774	0,045	0,214	0,313	1,239	0,40	0,051
0,97	1,79	0,323	0,698	0,020	0,095	0,303	1,200	0,10	0,013
Latossolo Vermelho distrófico									
0,77	1,26	0,560	1,00	0,222	1,00	0,338	1,00	10,00	1,00
0,82	1,34	0,531	0,949	0,155	0,698	0,376	1,114	7,70	0,762
0,86	1,40	0,508	0,908	0,115	0,518	0,393	1,164	4,30	0,426
0,89	1,45	0,491	0,877	0,097	0,437	0,394	1,167	2,70	0,267
0,92	1,50	0,474	0,847	0,057	0,257	0,417	1,235	0,70	0,069
0,97	1,58	0,445	0,796	0,029	0,131	0,416	1,233	0,20	0,020
Latossolo Vermelho-Amarelo distroférico									
0,77	1,05	0,593	1,00	0,243	1,00	0,350	1,00	13,60	1,00
0,82	1,12	0,566	0,955	0,183	0,753	0,383	1,096	11,10	0,816
0,86	1,18	0,545	0,920	0,151	0,621	0,394	1,127	6,80	0,500
0,89	1,22	0,529	0,893	0,115	0,473	0,414	1,185	4,30	0,316
0,92	1,26	0,513	0,866	0,072	0,296	0,441	1,262	1,30	0,096
0,97	1,33	0,487	0,822	0,044	0,181	0,443	1,267	0,50	0,037

O rendimento relativo da matéria seca de raiz, para soja e caupi, é apresentado na figura 3 a, b, c. Em quanto à resposta diferencial de cada espécie quando se relacionam com a densidade do solo (Figura 3a), pode - se afirmar que com o solo NQ foram obtidos valores maiores de matéria seca para as duas espécies com valores altos de densidade do solo (Quadro 3). No mesmo solo ao se relacionar a matéria seca com os ICs (Figura 3 b), observou-se que a

presença de camadas compactadas afetou mais drasticamente a produção no NQ do que nos solos LVD e LVAdf.

A produção da matéria seca em valores relativos para soja e caupi, permitiu detectar diferenças nas respostas das raízes aos tratamentos de compactação, diminuindo significativamente a produção em maior medida na cultura de caupi, o que corrobora a maior sensibilidade desta espécie às camadas compactadas do solo.

Quadro 3. Densidade do solo (D_s) e valores absolutos (A) e relativos (R) da produção de matéria seca de raízes de soja e de caupi, em função do índice de compactação (IC), para os três solos estudados

IC	D_s	Soja		Caupi	
		A	R	A	R
		g/vaso		g/vaso	
Neossolo Quartzarênico					
0,77	1,42	0,86	1,00	0,83	1,00
0,82	1,52	0,67	0,78	0,58	0,70
0,86	1,59	0,52	0,60	0,38	0,46
0,89	1,65	0,40	0,47	0,20	0,24
0,92	1,70	0,29	0,34	0,10	0,12
0,97	1,79	0,10	0,12	0,01	0,01
Latossolo Vermelho distrófico					
0,77	1,26	0,90	1,00	0,88	1,00
0,82	1,34	0,74	0,82	0,64	0,73
0,86	1,40	0,58	0,64	0,46	0,52
0,89	1,45	0,48	0,53	0,28	0,32
0,92	1,50	0,35	0,39	0,20	0,23
0,97	1,58	0,18	0,20	0,09	0,10
Latossolo Vermelho-Amarelo distroférico					
0,77	1,05	0,94	1,00	0,89	1,00
0,82	1,12	0,76	0,81	0,68	0,76
0,86	1,18	0,62	0,66	0,50	0,56
0,89	1,22	0,53	0,56	0,32	0,36
0,92	1,26	0,40	0,43	0,24	0,27
0,97	1,33	0,24	0,26	0,11	0,12

CONCLUSÕES

1. A maior suscetibilidade à compactação foi observada no solo Neossolo Quartzarênico (NQ), seguido do Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e Latossolo Vermelho-Amarelo distroférico (LVAdf).

2. A macroporosidade e a condutividade hidráulica foram mais alterados no solo NQ, com o incremento dos índices de compactação; o solo LVAdf mostrou uma maior tolerância à compactação.

3. A da produção da matéria seca em valores relativos para soja e caupi permitiu detectar diferenças nas respostas das raízes aos tratamentos de compactação, diminuindo significativamente a produção na cultura de caupi, o que confirma a maior sensibilidade desta espécie às camadas compactadas do solo.

BIBLIOGRAFIA

- ARVIDSSON, J. & HÅKANSSON, I. A Model for estimating crop yield losses caused by soil compaction. *Soil Till. Res.*, 20:319-332, 1991
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Ensaio de compactação - NBR 7182. Rio de Janeiro, Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, 1986. 10p.
- ALVARENGA, R.C. Potencialidades de adubos verdes para conservação e recuperação de solos. Viçosa, UFV, 1993. 112p. (Tese de Doutorado)
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R. *Soil physics*. 4. ed. New York, John Wiley, 1972. 529p.
- BORGES, E.N.; NOVAIS, R.F.; REGAZZI, A.J.; FERNANDES, B. & BARROS, N.F. Respostas de variedades de soja à compactação de camadas de solo. *R. Ceres*, 35:553-568, 1988.
- BOUMA, J. *Guide to study of water movement in soil pedons above the water table*. Madison, University of Wisconsin, 1974. 639p.
- CARTER, M.R. Relative measures of soil bulk density to characterize compaction in tillage studies on fine sandy loams. *Canadian Journal of Soil Science*, 70:425-433, 1990.
- HAKANSSON, I. A method for characterizing the state of compactness of the plough layer. *Soil & Tillage Research*, 16:105-120, 1990.
- HAKANSSON, I.; LIPIEC, J. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. *Soil & Tillage Research*, v.53 p. 71-85, 2000.
- HILLEL, D. *Introduction to soil physics*. New York, Academic Press, 1982. 365p.
- FERRERAS, L.A. et al. Parâmetros físicos del suelo en condiciones no perturbadas y bajo laboreo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36; p.161-170, 2001.
- LIPIEC, J.; HAKANSSON, I.; TARKIEWICZ, S. & KOSSOWSKI, J. Soil physical properties and growth of spring barley related to the degree of compactness of two soils. *Soil & tillage Research*, 19:307-317, 1991.
- MORAES, M.H. Efeito da compactação em algumas propriedades físicas do solo e no desenvolvimento do sistema radicular de plantas de soja (*Glycine max* (L) Merrill). Piracicaba, USP/ESALQ, 1988. 106p. (Dissertação de Mestrado)
- NHANTUMBO, A B.J.C.; CAMBULE, A.H. Bulk density by proctor test as a function of texture for agricultural soils in Maputo province of Mozambique. *Soil & Tillage Research*, v.87; p.231-239, 2006.
- O'CONNELL, D.J. The measurement of apparent specific gravity of soils and its relationship to mechanical composition and plant root growth. In: *Soil physical conditions and crop Production*. London. Min. Agric. Fish Food, 1975. p.298-313. (Technich bulletin, 29)
- PEDROTTI, A. & DIAS JUNIOR, M.S. Compactação do solo: como evitá-la. *Agrop. Catarinense*, 9:50-52, 1996.
- PROCTOR, R.R. Fundamental principles of soil compaction, *Eng. News Rec.*, 5:286-289, 1933.

SAINI, G.R. & CHOW, T.L. Compactibility indexes of some agricultural soils of New Brunswick, Canada. *Soil Sci.*, 137:33-38, 1984.

SILVA, A.P. Influência da compactação nas propriedades físicas do solo e no sistema radicular de plântulas de algodão (*Gossypium hirsutum*, L.). Piracicaba, USP/ESALQ, 1984. 75p. (Dissertação de Mestrado)

SILVA, A.P.; KAY, B.D. & PERFECT, E. Management versus inherent soil properties effects on bulk density and relative compaction. *Soil & Tillage Research*, 44:81-93, 1997.

VOMOCIL, J.A. & FLOCKER, W.J. Effect of soil compaction on storage and movement of soil, air and water. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 4:242-246, 1966.

TAYLOR, S.A. & ASCROFT, G.L. Physical edaphology. The physics of irrigated and non irrigated soils. San Francisco, W.H. Freeman, 1972. 533p.

XU, X.; NIEBER, J.L. & GUPTA, S.C. Compaction effects on the gas diffusion coefficients in soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56:1743-1750, 1992.