

RELAÇÃO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO COM A CULTURA DO AMENDOIM

RELATIONSHIP OF SOIL COMPACTION WITH PEANUT CROP

Cristian Luarte LEONEL¹; Maria Aparecida Pessoa da Cruz CENTURION²; José Frederico CENTURION³; Amauri Nelson BEUTLER⁴; Onã da Silva FREDDI⁵

1. Doutorando em Agronomia, Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária - FCAV, Universidade Estadual Paulista - UNESP. crleonel@yahoo.com.br; 2. Professora, Departamento de Produção Vegetal, FCAV/UNESP; 3. Professor, Departamento de Solos e Adubos, FCAV/UNESP, Bolsista do CNPq.; 4. Pós-Doutorando, Departamento de Solos e Adubos, FCAV/UNESP. 5. Doutorando em Agronomia, Departamento de Solos e Adubos, FCAV/UNESP, Bolsista da FAPESP.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi determinar o intervalo hídrico ótimo e sua relação com o desenvolvimento e a produtividade de duas cultivares de amendoim (IAC Tatu ST e IAC 886) em função da compactação, em um Latossolo Vermelho de textura média. Os tratamentos foram constituídos por cinco níveis de compactação, realizados com o tráfego de tratores, com o solo no conteúdo de água retida na capacidade de campo (0,01 MPa). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Foram coletadas amostras indeformadas nas camadas de 0,02–0,05, 0,08–0,11 e 0,15–0,18 m, para determinação da resistência do solo à penetração (RP), porosidade, retenção de água, densidade do solo (D_s) e do intervalo hídrico ótimo (IHO). O desenvolvimento do amendoim foi avaliado através da altura das plantas, números de ramos, massa seca da parte aérea e produtividade em casca (PC). A PC decresceu linearmente com o aumento da compactação do solo, nas duas cultivares. O IHO diminuiu com o aumento da compactação, pela RP, até atingir a D_{sc} de $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$, valor próximo a D_s de $1,32 \text{ Mg m}^{-3}$ a partir da qual a PC das duas cultivares decresceu no campo.

PALAVRAS-CHAVE: *Arachis hypogaea* L.. Níveis de compactação. Resistência mecânica do solo à penetração. Intervalo hídrico ótimo.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o cultivo do amendoim concentra-se no Estado de São Paulo (AGRIANUAL, 2005), principalmente na região de Ribeirão Preto, ocupando, na maioria das vezes, áreas de reforma de canavial. Nessas áreas, o cultivo é realizado nos meses de novembro a março, período entre a erradicação da cana-de-açúcar de baixa produtividade, e a implantação de um novo cultivo. Visando reduzir custos de produção, minimizar a erosão e preservar o meio ambiente, a tendência atual é implantar a cultura do amendoim, por meio do sistema de plantio direto (SPD), sobre os restos culturais da cana-de-açúcar, previamente dessecados com defensivos. No entanto, como nesse sistema de cultivo não é realizado o revolvimento do solo, as camadas superficiais compactadas pelo tráfego intenso de máquinas, durante o cultivo da cana-de-açúcar, podem prejudicar o desenvolvimento e a produtividade do amendoim, a exemplo do que ocorre com soja (FLOWERS; LAL, 1998; BEUTLER et al., 2005).

A compactação causa redução de massa por unidade de volume, acarretando maior densidade do solo e resistência mecânica do solo à penetração, com redução da porosidade total e com maior ênfase na redução dos poros de maior diâmetro

(STONE et al., 2002). Em conseqüência, ocorre redução da infiltração e da redistribuição de água no solo, redução das trocas gasosas, disponibilidade de oxigênio e limitação na absorção de água e nutrientes pelas plantas (HÅKANSSON; VOORHEES, 1998), alterando também a penetração, ramificação e distribuição das raízes no solo (SILVA et al., 2004), culminando com a redução da produtividade das culturas e da sustentabilidade dos solos agrícolas (BEUTLER et al., 2005).

O crescimento das plantas, entre outros, está diretamente relacionado com a aeração, resistência à penetração, água e temperatura (LETEY, 1985). Por isso, exceto a temperatura que tem menor influência no crescimento de plantas em clima tropical, a relação entre o crescimento das plantas e os outros três atributos físicos têm sido intensamente estudados, visando o estabelecimento de valores a partir dos quais a produtividade decresce. Cannel (1977) definiu a porosidade mínima de 10% para que a difusão de oxigênio não prejudique o sistema radicular. Taylor et al. (1966), Silva et al. (1994) e Tormena et al. (1998) adotaram o valor de resistência mecânica do solo à penetração (RP) de 2,0 MPa como limitante ao crescimento radicular das plantas.

O conteúdo de água disponível adequado ao crescimento das plantas está situado entre o conteúdo de água retida na capacidade de campo (0,01 MPa) (REICHERDT, 1988); e o conteúdo de água no ponto de murcha permanente (1,5 MPa) (SAVAGE et al., 1996). Entretanto, tem sido difícil estabelecer relações isoladas desses atributos com a produtividade das plantas devido à inter-relação entre esses. Assim, esses três atributos foram integrados, em função da densidade do solo (D_s), em um único índice denominado intervalo hídrico ótimo (IHO). O IHO define uma faixa ótima de conteúdo de água, em que não ocorrem limitações ao crescimento das plantas por aeração, água disponível e resistência mecânica do solo à penetração (SILVA et al., 1994). O IHO tem sido considerado um parâmetro adequado para avaliação da qualidade física do solo em culturas anuais de solos tropicais. No entanto, na literatura, são escassos os estudos que relacionam o IHO com o desenvolvimento da parte aérea e a produtividade

do amendoim, ou mesmo de compactação do solo na cultura do amendoim.

O objetivo desta pesquisa foi determinar a relação da resistência do solo à penetração e do intervalo hídrico ótimo com o desenvolvimento da parte aérea e a produtividade do amendoim, cultivares IAC Tatu ST e IAC 886, em um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) de textura média.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na fazenda de ensino e pesquisa (FEP) da FCAV/UNESP, Jaboticabal (SP), situado nas coordenadas geográficas de 21° 15' 29'' de latitude Sul e 48° 16' 47'' de longitude Oeste de Greenwich, e altitude média de 614 m. O clima é do tipo Cwa, segundo o sistema de classificação de Köppen (BRASIL, 1960). As precipitações pluviométricas diárias durante o ciclo da cultura (novembro a abril) são apresentadas na Figura 1.

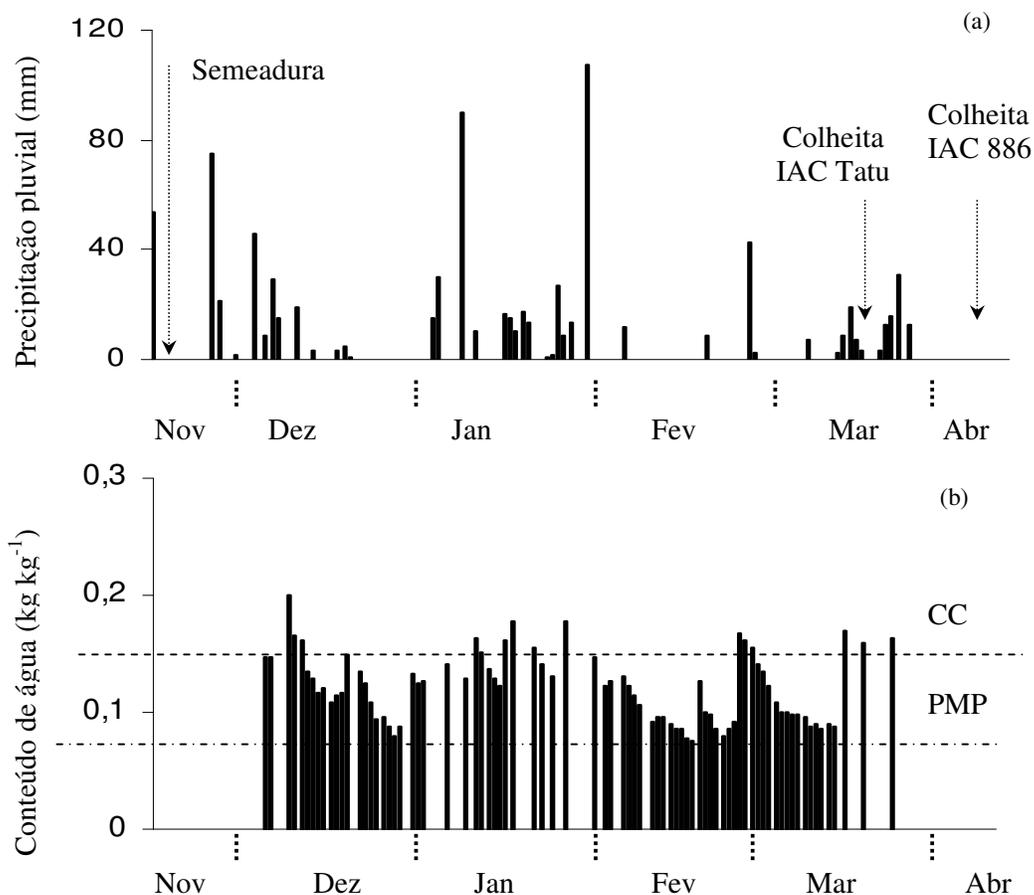


Figura 1. Precipitação pluviométrica diária no período de 18 de novembro de 2004 a 10 de abril de 2005 (a) e o conteúdo de água na camada de 0-0,20 m no período de 7 de dezembro de 2004 a 24 de março de 2005 (b). PMP = ponto de murcha permanente; CC = capacidade de campo.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (LVd), típico, textura média, A moderado, caulínítico, hipoférrico (EMBRAPA, 1999). A composição granulométrica do solo foi determinada em amostras deformadas, nas camadas de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, através da dispersão com NaOH ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) e agitação lenta durante 16 horas (30 rpm), sendo o conteúdo de argila obtido pelo método da pipeta (GEE; BAUDER, 1986). O Latossolo Vermelho apresentou na camada de 0-0,20 m valores médios de 323 g kg^{-1} de argila, 45 g kg^{-1} de silte e 632 g kg^{-1} de areia. A densidade de partícula em ambas as camadas foi de $2,86 \text{ Mg m}^{-3}$.

Cerca de 90 dias antes da instalação do experimento realizou-se a aplicação de calcário dolomítico com PRNT=85%, para elevar a saturação por bases a 60% (RAIJ et al., 1997), gradagem aradora (0,20 m), escarificação do solo (0,30 m) e gradagem niveladora. Os tratamentos testados foram: T_0 = sem compactação; T_{1*} = uma passada de um trator de quatro t; e T_1 = uma passada; T_2 = duas passadas e T_4 = quatro passadas

de um trator de 11 t, com os quatro pneus de mesma largura (0,40 m) e pressão interna, uma ao lado da outra, no sentido do declive da área, perfazendo toda a superfície. O conteúdo de água no solo durante a compactação esteve próximo à capacidade de campo (0,01 MPa).

O solo foi analisado quimicamente segundo metodologia citada por Raij et al. (1987), e adubado com $0,3 \text{ t ha}^{-1}$ do adubo formulado 02-20-20, para obtenção da produtividade de amendoim em casca de 3 t ha^{-1} , segundo Raij et al. (1997). A caracterização química do solo após a calagem encontra-se na Tabela 1.

Em 22 de novembro de 2004 foram semeadas as cultivares de amendoim IAC Tatu ST de porte ereto e ciclo precoce e a cultivar IAC 886 de porte rasteiro e ciclo longo, ambas utilizando o espaçamento de 0,9 m entrelinhas com distribuição de 30 sementes por metro. Após 15 dias, a partir da emergência, foi feito o desbaste ajustando-se a densidade para 20 e 16 plantas por metro para as cultivares IAC Tatu ST e IAC 886, respectivamente (TASSO JUNIOR et al., 2004).

Tabela 1. Caracterização química do Latossolo Vermelho após a calagem.

Camada	pH	MO	P	Complexo sortivo					V%	
				K	Ca	Mg	H+Al	SB		CTC
m	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³mmol _c dm ⁻³						
0-0,20	5,4	14	23	1,5	18	16	20	35,2	55,1	63

Após a semeadura foram coletados dois conjuntos de seis amostras indeformadas de solo, por tratamento, com cilindros de $53,16 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ (0,03 m de altura e 0,048 m de diâmetro), nas camadas de 0,02-0,05; 0,08-0,11 e 0,15-0,18 m, totalizando 36 amostras por tratamento, para determinações dos atributos físicos. Uma amostra de cada repetição foi saturada e submetida às tensões de 0,006; 0,010; 0,033; 0,060; 0,100 e 0,30 MPa, em câmaras de Richards (KLUTE, 1986). Ao atingir o equilíbrio as amostras foram pesadas e determinou-se a resistência mecânica do solo à penetração (RP) na tensão de 0,01 MPa, com duas repetições por amostra, na camada do cilindro de 0,01 a 0,02 m, perfazendo 100 leituras por repetição, que foram utilizadas para obtenção da RP média.

A RP foi determinada com o penetrômetro eletrônico estático com velocidade constante de penetração de $0,01 \text{ m min}^{-1}$, cone com ângulo de 30° e com área da base de $2,96 \times 10^{-6} \text{ m}^2$, equipado com atuador linear e célula de carga de 20 kg acoplada a um microcomputador para a aquisição

dos dados, conforme descrito por Tormena et al. (1998). Na seqüência, as amostras foram secas em estufa a 105°C durante 24 horas para determinação do conteúdo de água em cada tensão (GARDNER, 1986) e da densidade do solo (D_s) (BLAK; HARTGE, 1986). A microporosidade equivale ao conteúdo de água retida na tensão de 0,01 MPa (poros $< 50 \mu\text{m}$) determinada em câmaras de pressão de Richards com placa porosa (KLUTE, 1986), a porosidade total conforme Danielson ; Sutherland (1986), e a macroporosidade (poros $> 50 \mu\text{m}$) obtida por diferença entre a porosidade total e a microporosidade.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco níveis de compactação e quatro repetições, totalizando 20 parcelas de $3,50 \times 3,60 \text{ m}$. A parcela experimental constatou de quatro linhas de 3,5 m, sendo avaliadas as duas linhas centrais.

O intervalo hídrico ótimo (IHO) define uma faixa ótima de conteúdo de água, em que não ocorrem limitações ao crescimento das plantas por aeração, água disponível e RP (SILVA et al.,

1994). O limite superior do IHO é o menor valor entre o conteúdo de água retida na capacidade de campo (REICHARDT, 1988) e o conteúdo de água na qual a porosidade de aeração é de 10% (CANNEL, 1977); o limite inferior é o maior valor entre o conteúdo de água no ponto de murcha permanente (SAVAGE et al., 1996), e a resistência do solo à penetração limitante (TAYLOR et al., 1966). Para a determinação IHO, na camada de 0-0,20 m, a curva de retenção de água no solo foi ajustada, utilizando-se o modelo não linear empregado por Silva et al. (1994), na forma log-transformada, descrito a seguir:

$$\ln\theta = \ln a + b \ln D_s + c \ln \Psi \quad (1)$$

A curva de resistência do solo à penetração foi ajustada, utilizando-se o modelo não linear proposto por Busscher (1990), na forma log-transformada, a seguir:

$$\ln RP = \ln d + e \ln \theta + f \ln D_s \quad (2)$$

onde: θ é o conteúdo volumétrico de água ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); D_s é a densidade do solo (Mg m^{-3}); Ψ é a tensão de água no solo (hPa); RP é a resistência do solo à penetração (MPa); a , b , c , d , e e f são os parâmetros dos ajustes dos modelos.

A partir dos valores estimados dos parâmetros aplicou-se o antilogaritmo e foram obtidos os valores estimados dos atributos físicos. Assumindo-se que o conteúdo de água na capacidade de campo seja equivalente a tensão de 100 hPa (θ_{CC}) e o ponto de murcha permanente de 15000 hPa (θ_{PMP}) foram estimadas pelas equações (3) e (4), respectivamente, obtidas da equação (1), a seguir:

$$\theta_{CC} = e^a * D_s^b * 100^c \quad (3)$$

$$\theta_{PMP} = e^a * D_s^b * 15000^c \quad (4)$$

O conteúdo de água a partir do qual a RP é limitante (θ_{RP}) foi obtido pela equação (5), obtida da equação (2):

$$\theta_{RP} = RP_{(\text{lim.})} / (e^d * (D_s^e))^{1/f} \quad (5)$$

Para obter a relação funcional entre o IHO e a produtividade do amendoim, estabeleceu-se uma regressão entre a RP, determinada no conteúdo de água retida a 0,01 MPa, e a produtividade do amendoim, obtida quando a resistência mecânica do solo à penetração é limitante $RP_{(\text{lim.})}$. O ajuste foi linear decrescente, utilizando-se assim como $RP_{(\text{lim.})}$ o menor valor de RP, que proporcionou a maior produtividade.

O conteúdo de água em que a porosidade de aeração é igual a 10% (θ_{PA}) foi calculado pela equação (6), apresentada a seguir:

$$\theta_{PA} = (1 - (D_s/D_p)) - 0,1 \quad (6)$$

Os modelos do IHO, ajustados para cada profundidade, convergiram para o mesmo

resultado, o que permitiu um ajuste de um modelo com os dados das três camadas.

Os componentes de desenvolvimento da planta avaliados foram a altura das plantas, o número de ramos por planta, massa seca transformada em t ha^{-1} obtidos após a colheita em 10 plantas por repetição. A produtividade, em casca do amendoim (PC), foi obtida extrapolando-se a produção de vagens da área útil da parcela para um hectare e ajustada a umidade padrão de armazenamento de 8%.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando significativo foram ajustadas equações de regressão entre a RP e a D_s com os componentes de desenvolvimento da planta e a PC, de acordo com os procedimentos do Statistical Analysis System (SAS, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tráfego de tratores compactou o solo, alterando seus atributos físicos (Tabela 2). A maior alteração no espaço poroso e da D_s ocorreu na primeira vez que o solo solto foi trafegado com um trator leve de 4 t, no conteúdo de água equivalente a retida na capacidade de campo (T_{1*}), corroborando Horn et al. (1995). Na camada de 0,02-0,05 m, a macroporosidade diminuiu de 0,26 para 0,09 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ e, a microporosidade aumentou de 0,26 em T_0 para 0,30 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ em T_{1*} . Este atributo foi pouco alterado com o aumento do número de passadas e da massa do trator para 11 t, corroborando os estudos de Secco et al. (2004). Isso ocorre em função do tráfego inicial destruir os poros de maior diâmetro, que são pouco resistentes à deformação, e que suportam pouca pressão externa e, ao conteúdo de água no solo, favorável à compactação (ANKENY et al., 1990). Esse tráfego inicial foi responsável pelo aumento da D_s média entre as três camadas de 1,32 para 1,62 Mg m^{-3} . Segundo Beutler et al. (2004) e Beutler et al. (2005), este valor causa prejuízos a produtividade de culturas anuais, incluindo a do amendoim (Figuras 2 e 3). Desta forma, no ajuste da regressão entre a D_s e a PC ocorreu uma lacuna sem valores, fato que não ocorreu com a RP.

A altura de plantas da cultivar IAC Tatu ST foi semelhante e, na cultivar IAC 886 ocorreu incremento da altura em resposta a maior compactação, sendo visível "in situ" o menor diâmetro dos ramos nos maiores níveis de compactação. Porém, na cultivar IAC Tatu ST ocorreu decréscimo do número de ramos e na cultivar IAC 886 não houve diferença com o aumento da compactação.

Tabela 2. Valores médios de macroporosidade, microporosidade, resistência à penetração e densidade do solo nos diferentes níveis de compactação e camadas no LVd.

Camada (m)	Nível de compactação				
	T ₀	T _{1*}	T ₁	T ₂	T ₄
Macroporosidade (m ³ m ⁻³)					
0,02-0,05	0,26	0,09	0,07	0,05	0,05
0,08-0,11	0,23	0,08	0,07	0,06	0,05
0,15-0,18	0,17	0,10	0,08	0,09	0,07
Microporosidade (m ³ m ⁻³)					
0,02-0,05	0,26	0,30	0,30	0,29	0,28
0,08-0,11	0,27	0,30	0,30	0,29	0,30
0,15-0,18	0,28	0,29	0,30	0,29	0,29
Resistência à penetração (MPa)*					
0,02-0,05	0,83	2,07	2,71	3,57	5,03
0,08-0,11	1,23	2,38	2,15	2,75	3,99
0,15-0,18	1,43	2,17	2,23	3,01	3,02
Densidade do solo (Mg m ⁻³)					
0,02-0,05	1,24	1,58	1,67	1,75	1,79
0,08-0,11	1,32	1,66	1,66	1,71	1,74
0,15-0,18	1,41	1,62	1,64	1,67	1,68

T₀ = sem compactação; T_{1*} = uma passada de um trator de quatro t; e T₁ = uma passada; T₂ = duas passadas e T₄ = quatro passadas de um trator de 11 t. Valores de resistência do solo à penetração no conteúdo de água retida na capacidade de campo (0,01 MPa).

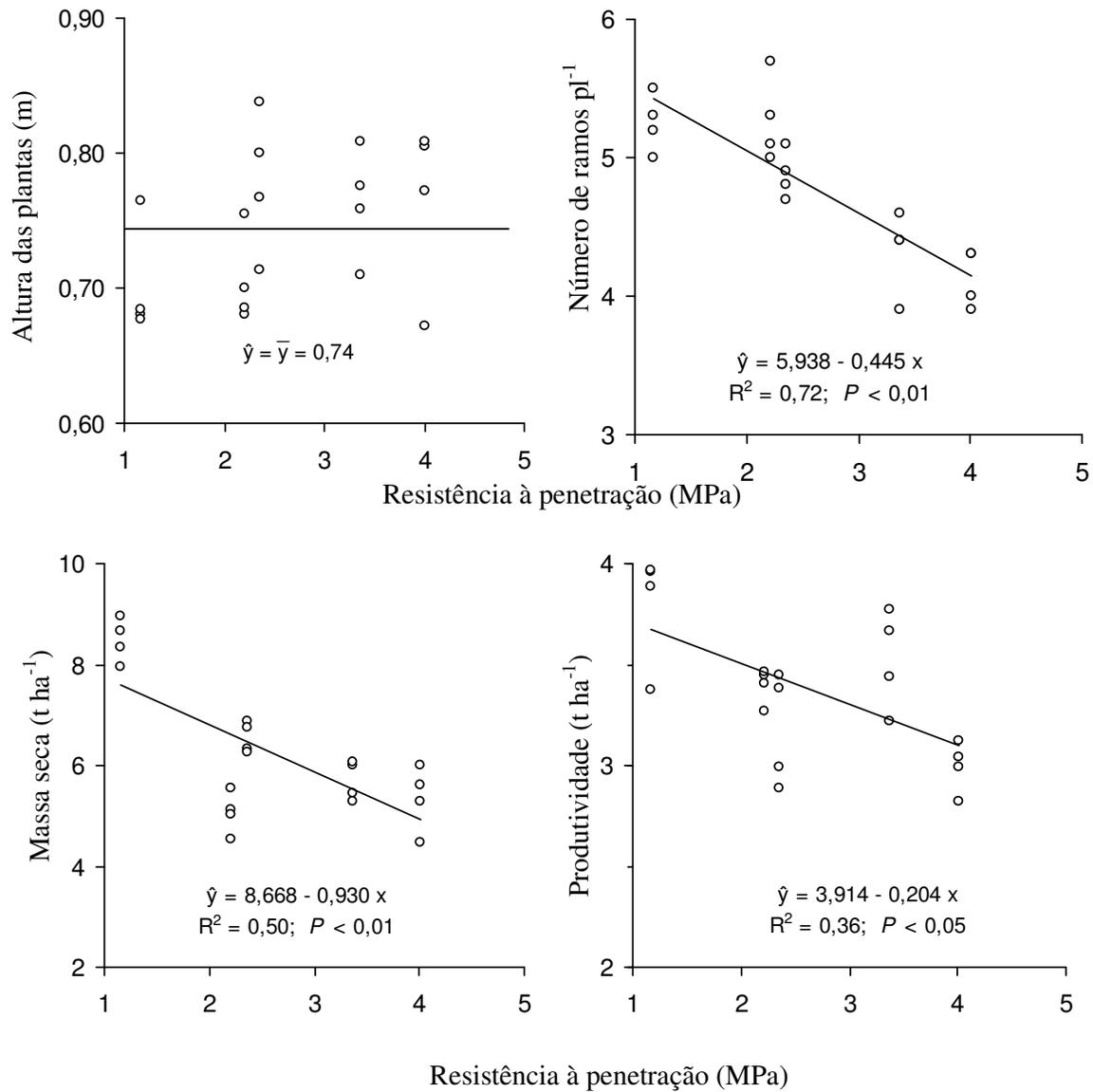


Figura 2. Regressão entre a resistência à penetração do Latossolo Vermelho e altura das plantas, número de ramos por planta, massa da matéria seca, e produtividade de grãos da cultura do amendoim cultivar IAC Tatu ST.

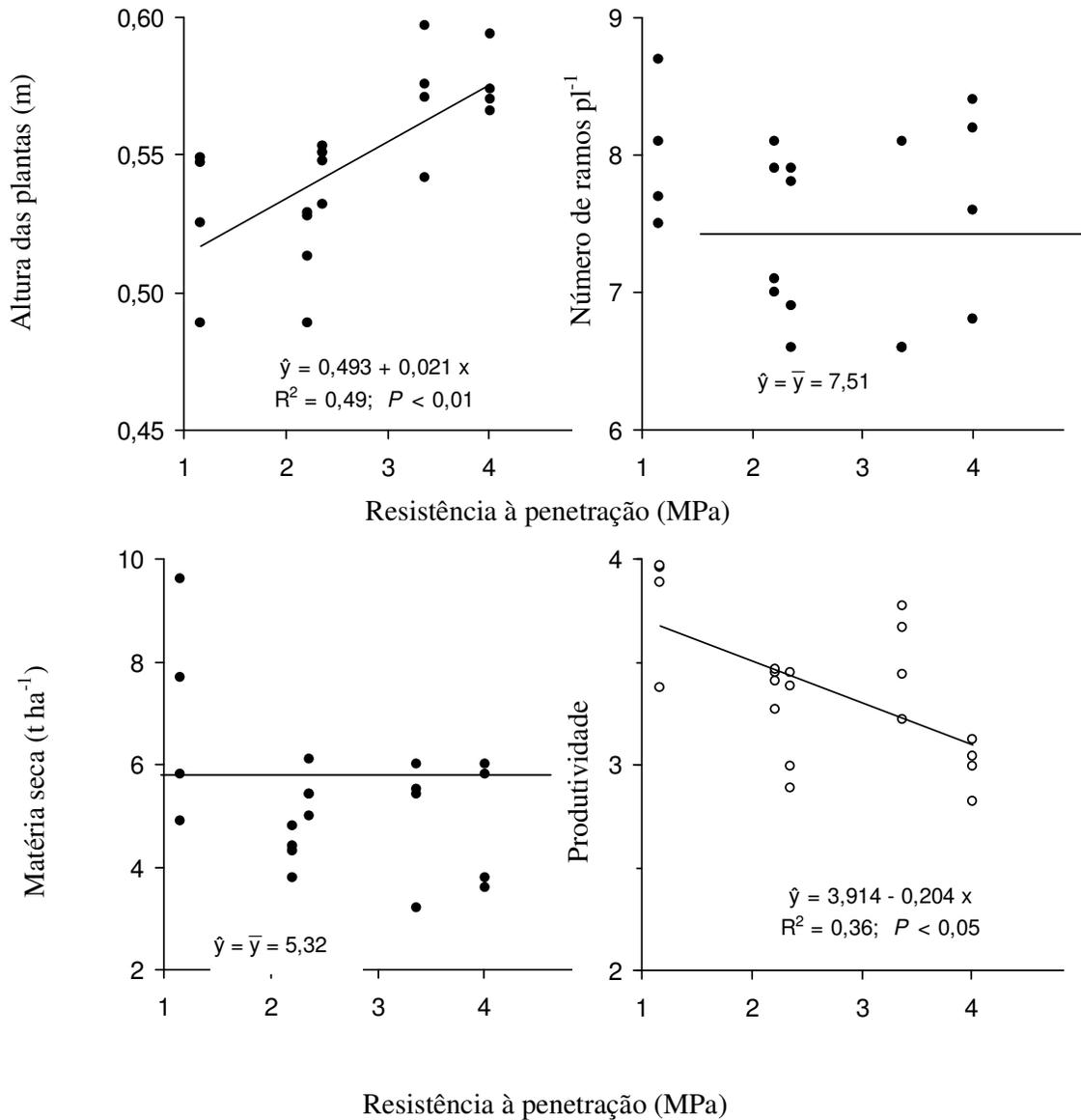


Figura 3. Regressão entre a resistência a penetração do Latossolo Vermelho e altura das plantas, número de ramos por planta, massa da matéria seca, e produtividade de grãos da cultura do amendoim cultivar IAC 886.

A compactação prejudicou o desenvolvimento do amendoim, com destaque para a massa seca, que teve decréscimo significativo na cultivar IAC Tatu ST. Para a PC ocorreu decréscimo linear nas duas cultivares, com o aumento da compactação pelo tráfego de máquinas. Isto, possivelmente, ocorreu devido ao impedimento mecânico ao crescimento radicular, que resultou em menor produção de massa seca da parte aérea apenas na cultivar IAC Tatu ST, e, conseqüentemente menor PC. Nesse aspecto, o impedimento mecânico pode reduzir o crescimento

e a distribuição das raízes no solo, diminuindo o contato das raízes com o solo e o volume de solo explorado pelo sistema radicular, dificultando a absorção de água e nutrientes, com redução do suprimento à parte aérea e do desenvolvimento, conforme mencionado por Lipiec ; Stepniewski (1995). Por outro lado, muitas vezes não ocorre redução do crescimento radicular, porém, o aumento da produção de ácido abscísico (ABA) nas raízes, que é enviado à parte aérea, induz a planta a diminuir o crescimento, como explicam Mulholland et al. (1996). Ainda, pode ocorrer maior demanda

de carboidratos pelas raízes, resultando em menor alocação de carbono para a parte aérea (ATWELL, 1990).

Os fatores relacionados anteriormente são responsáveis pelo decréscimo de produtividade das plantas em solos compactados. Entretanto para a cultura do amendoim, além do impedimento mecânico ao crescimento radicular imposto pela compactação, há o impedimento à penetração do ginóforo no solo, que é uma característica específica do amendoim de frutificar sob a superfície do solo. O ginóforo é uma estrutura alongada que se forma após o florescimento, também denominada “esporão”. Este cresce em direção ao solo por possuir geotropismo positivo, sendo que o fruto só se forma sob a superfície. Na extremidade do ginóforo estão localizados os tecidos que darão origem à vagem contendo as sementes. O ginóforo penetra no solo, pois necessita de ausência de luz e de absorção de nutrientes para a formação do fruto (MELOUK ; SHOKES, 1995). No entanto, em solos compactados, o impedimento mecânico dificulta sua penetração e a formação do fruto, por causa da maior proximidade e coesão das partículas, que aumentam a RP e D_s . Neste contexto, verificou-se que na fase de frutificação e enchimento de grãos

(fevereiro/março) ocorreram longos períodos com baixos conteúdos de água no solo (Figura 1), condição em que há o aumento da coesão das partículas do solo e da RP prejudicando ainda mais a penetração do ginóforo e o enchimento de grãos, reduzindo a PC. Essa característica botânica do amendoim possivelmente é responsável pela baixa tolerância da espécie à compactação do solo.

O limite superior do IHO foi à θ_{CC} e inferior a θ_{RP} (Figura 4), corroborando as pesquisas com soja de Beutler et al. (2004) e Beutler et al. (2005), que também utilizaram o valor de RP obtido no campo como limitante a produtividade. O IHO decresceu com o aumento da compactação até atingir valor zero quando o valor da θ_{RP} foi igual ao da θ_{CC} , atingindo a densidade do solo crítica (D_{sc}) de $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$ (Figura 4). A D_{sc} foi definida segundo Silva ; Kay (1997) como a D_s onde o IHO é igual a zero, ou seja, a D_s na qual o limite inferior cruza com o limite superior do intervalo, a partir da qual ocorreriam limitações severas ao desenvolvimento das plantas, associadas à baixa qualidade física do solo, e que o valor de D_s em que o IHO é menor do que a água disponível pode ser identificado como a densidade máxima aceitável para que as plantas se desenvolvam sem problemas de restrição física do solo.

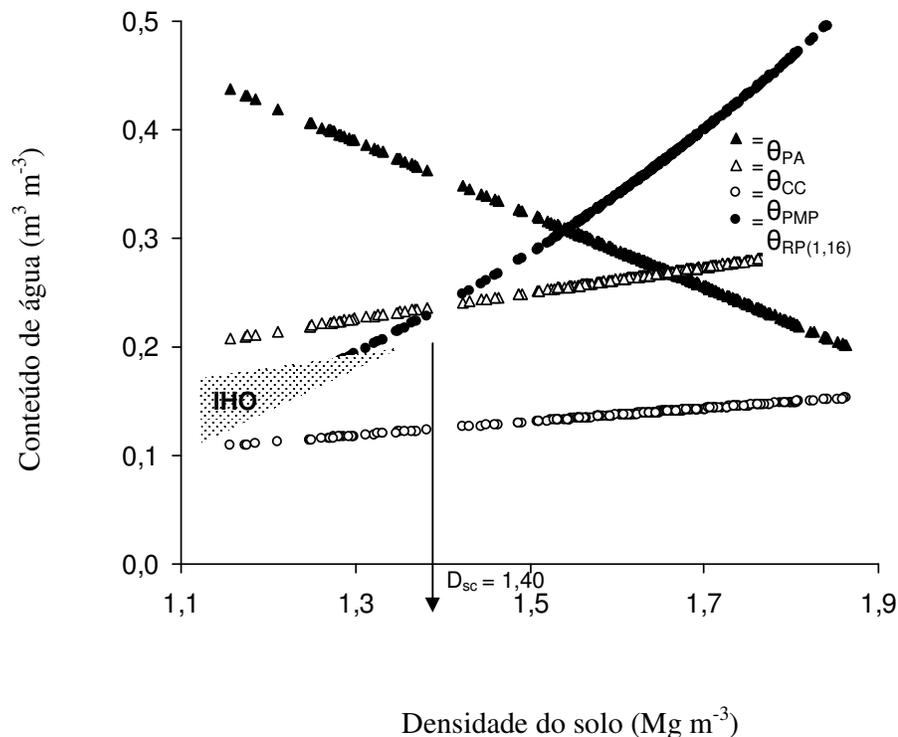


Figura 4. Variação do conteúdo de água volumétrico (θ) com a densidade do solo, para limites críticos da porosidade de aeração (θ_{PA}), capacidade de campo (θ_{CC}), resistência do solo à penetração de 1,16 MPa (θ_{RP}) e ponto de murcha permanente (θ_{PMP}) no Latossolo Vermelho. IHO = intervalo hídrico ótimo. D_{sc} = densidade do solo crítica.

A amplitude do IHO diminui com a compactação do solo. Assim, quando o conteúdo de água no solo estava abaixo do valor da θ_{RP} limitante à produtividade, a planta ficou exposta a condições adversas ao crescimento pela RP. Assim, para a cultura do amendoim, a RP foi o fator físico do solo mais limitante à PC.

Visando verificar a relação funcional do IHO com a PC no campo, foi realizada a regressão da D_s com a produtividade do amendoim. A D_s a partir da qual a produtividade decresceu foi de $1,32 \text{ Mg m}^{-3}$, condição de solo escarificado até $0,30 \text{ m}$ de profundidade e não trafegado (T_0), visto que houve decréscimo linear da produtividade em função da compactação (Figura 5). Esse valor está próximo a D_{sc} obtida no IHO de $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$, a partir do qual ocorre limitação ao crescimento por impedimento mecânico.

Assim, o IHO foi um modelo útil no monitoramento da qualidade física do solo, conforme também verificado por Beutler et al. (2004) e Beutler et al. (2005) em soja. No mesmo tipo de solo, no ano 2002/03, a densidade do solo a partir da qual a produtividade de soja começou a decrescer foi de $1,48 \text{ Mg m}^{-3}$ (BEUTLER et al., 2005), destacando a menor tolerância do amendoim à compactação em função de sua característica botânica.

É importante destacar que para a cultura do amendoim a melhor produtividade foi obtida no solo descompactado (solto), e que ocorre decréscimo linear da produtividade com aumento da compactação (Figura 5), o que não ocorre para outras culturas anuais em que uma pequena compactação favorece a obtenção de maiores produtividades (BARBER, 1994; CZYZ, 2004; BEUTLER et al., 2004 e BEUTLER et al., 2005).

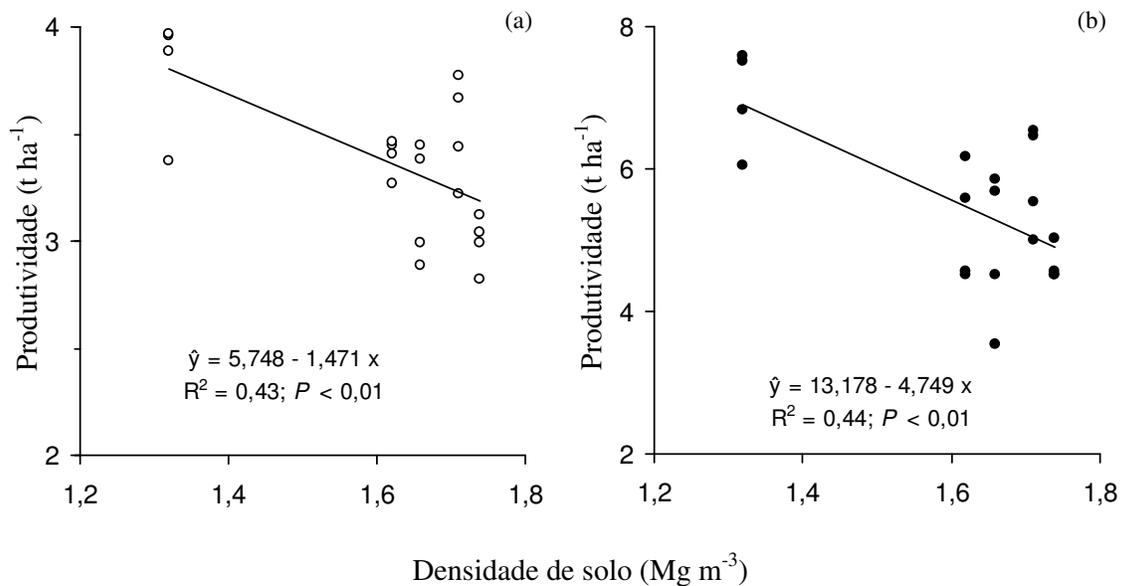


Figura 5. Relação entre a densidade do solo e a produtividade do amendoim das cultivares IAC Tatu ST (a) e IAC 886 (b), em função dos diferentes níveis de compactação.

CONCLUSÕES

A produtividade de amendoim decresceu linearmente com o aumento da compactação do solo, sendo a maior produtividade obtida no solo revolvido até $0,30 \text{ m}$ e não trafegado, nas duas cultivares, que apresentaram respostas semelhantes.

O intervalo hídrico ótimo diminuiu com o aumento da compactação e foi útil no

monitoramento da qualidade física do solo para a cultura do amendoim.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão de bolsa de Mestrado, número do processo: 133.762/2.004-1, concedida ao primeiro autor.

ABSTRACT: The aim of this work was to determine the least limiting water range and its relation with peanut yield and development in two cultivars (IAC Tatu ST and IAC 886) according to the compaction levels of a medium texture Haplustox soil. The treatments were composed by five compaction levels made with tractor traffic, on a soil at the field capacity (0.01 MPa). The completely randomized design with four replications was used. Undisturbed soil samples were collected in the layers of 0.02-0.05, 0.08-0.11 and 0.15-0.18 m for determination of soil resistance to penetration (RP), porosity, water retention, bulk density and least limiting water range. The peanut development was evaluated by plant height, number of branches, plant dry matter and yield. The peanut yield decreased linearly with higher soil compaction, in both cultivars. The least limiting water range decreased with higher compaction by resistance to penetration, till reach the critical bulk density (Ds) of 1.40 Mg m⁻³. This value is close to 1.32 Mg m⁻³ from which the peanut yield in both cultivars decreased.

KEYWORDS: *Arachis hypogaea* L.. Compaction levels. Soil mechanical resistance to penetration. Least limiting water range.

REFERÊNCIAS

- ANKENY, M. D.; KASPAR, T. C.; HORTON, R. Characterization of tillage and traffic effects on unconfined infiltration measurements. **Soil Science Society of America Journal**, v. 54, p. 837-840, 1990.
- ATWELL, B. J. The effect of soil compaction on wheat during early tillering: III. Fate of carbon transported to the root structure. **New Phytologist**, v. 115, p. 43-49, 1990.
- BARBER, R. G. Persistence of loosened horizons and soybean yield increases in Bolivia. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 943-950, 1994.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; da SILVA, A. P. Intervalo hídrico ótimo e a produção de soja e arroz em dois Latossolos. **Irriga**, v. 9, p. 181-192, 2004.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; da SILVA, A. P. Soil resistance to penetration and least limiting water range for soybean yield in a haplustox from Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, p. 863-871, 2005.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Particle density. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. v. 1, p. 377-382.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Serviço Nacional de pesquisas Agronômicas. **Levantamento de reconhecimento de solos do Estado de São Paulo: contribuição à carta de solos do Brasil**. Boletim, Rio de Janeiro, v. 12, p. 1-163, 1960.
- BUSSCHER, W. J. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a common water content. **Transactions of the ASAE**, v. 33, p. 519-524, 1990.
- CANNEL, R. Q. Soil aeration and compaction. **Appl. Biol.**, v. 2, p. 1-86, 1977.
- CZYZ, E. A. Effects of traffic on soil aeration, bulk density and growth of spring barley. **Soil & Tillage Research**, v. 79, p.153-166, 2004.
- DANIELSON, R. E.; SUTHERLAND, P. L. Porosity. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. part 1, p. 443-461.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 1999. 412p.
- FLOWERS, M. D.; LAL, R. Axle load and tillage effects on soil physical properties and soybean grain yield on a mollic ochraqulf in northwest. **Soil & Tillage Research**, v. 48, p. 21-35, 1998.

- FNP Consultoria & Comércio. Amendoim. In _____ . **Agrianual, 2005**. São Paulo: Argos, 2005. p. 455-490.
- GARDNER, W. E. Water content. In: Klute, A. (Ed.) **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 493-544.
- GEE, G. W.; BAUDER, J. W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. part. 1. p. 383-411.
- HÅKANSSON, I.; VOORHEES, W. B. Soil compaction. In: LAL, R.; BLUM, W.H.; VALENTINE, C.; STEWARD, B. A. **Methods for assessment of soil degradation**. Boca Raton: CRS Press, 1998. p. 167-179 (Advances in Soil Science).
- HORN, R.; DOMZAL, H.; SLOWINSKA-JURKIEWICZ, A.; van OUWERKERK, C. Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment. **Soil & Tillage Research**, v. 35, p. 23-36, 1995.
- KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. part. 1, p. 635-662.
- LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**, v. 1, p. 277-294, 1985.
- LIPIEC, J.; STEPNIIEWSKI, W. Effects of soil compaction and tillage systems on uptake and losses of nutrients. **Soil & Tillage Research**, v. 35, p. 37-52-1995.
- MELOUK, H. A.; SHOKES, F. M. **Peanut health management**. St. Paul, Minnesota, 1995. 117p.
- MULHOLLAND, B. J.; BLACK, C. R.; TAYLOR, I. B.; ROBERTS, J. A.; LENTON, J. R. Effect of soil compaction on barley (*Hordeum vulgare* L.) growth. I. Possible role for ABA as a root-sourced chemical signal. **Journal of Experimental Botany**, v. 47, p. 539-549, 1996.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. H.; FURLANI, A. M. C. **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1997, 285 p. (Boletim Técnico, 100).
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A S.; BATAGLIA, O. C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170 p.
- REICHARDT, K. Capacidade de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.12, p.211-216, 1988.
- SAS Institute. **SAS/STAT user's guide: version 8**. SAS Inst., Cary, NC. 1999.
- SAVAGE, M.J.; RITCHIE, J.T.; LAND, W.L.; DUGAS, W.A. Lower limit of soil water available. **Agronomy Journal**, v. 88, p. 651-844, 1996.
- SECCO, D.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; DA ROS, C. O. Produtividade de soja e propriedades físicas de um latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 797-804, 2004.
- SILVA, A. P.; IMNHOF, S.; KAY, B. Plant response to mechanical resistance and air-filled porosity of soils under conventional and no-tillage system. **Scientia Agrícola**, v. 61, p. 451-456, 2004.

SILVA, A. P.; KAY, B. D. Effect of soil water content variation on the least limiting water range. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, p. 884-888, 1997.

SILVA, A. P.; KAY, B.D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, p. 1775-1781, 1994.

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, A. A. J. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, p.2 07-212, 2002.

TASSO JUNIOR, L. C.; MARQUES, M. O.; NOGUEIRA, G. A. A cultura do amendoim. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2004. 220p.

TAYLOR, H. M.; ROBERSON, G. M.; PARKER Jr., J. J. Soil strength-root penetration relations to medium to coarse-textured soil materials. **Soil Science**, v. 102, p.18-22, 1966.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.573-581, 1998.