

SUSCEPTIBILIDADE À COMPACTAÇÃO E CORRELAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM NEOSSOLO SOB VEGETAÇÃO DE CAATINGA

Rogério Oliveira Melo

Engº Agrônomo pela UFRPE. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo - UFRPE.
Email: agrorom@pop.com.br

Edson Patto Pacheco

Pesquisador da EMBRAPA Tabuleiros Costeiros. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo - UFRPE.
Email: edsonpatto@yahoo.com.br

José de Castro Menezes

Engº Agrônomo. Mestre em Ciência do Solo pela UFRPE. Área: Física do Solo.
Email: castroagro@yahoo.com.br

José Ramon Barros Cantalice

Prof. Dr. da UFRPE. Área: Manejo e Conservação do Solo e Água.
Email: cantalic@terra.com.br

Resumo - O uso e manejo inadequado dos solos sob vegetação de caatinga são apontados como um dos principais causadores da degradação e desertificação desse ambiente. A compactação do solo, que depende de vários fatores intrínsecos e extrínsecos, é considerado como um bom indicador de degradação do solo. Este trabalho teve como objetivo avaliar a suscetibilidade à compactação e resistência à penetração e suas correlações com atributos físicos de um Neossolo Litólico sob vegetação de caatinga. O trabalho foi desenvolvido na região de Serra Talhada – PE e considerou como variáveis o teor de carbono orgânico (CO), resistência a penetração (RP), teor de argila (Argila), teor de silte (Silte), teor de areia (Areia), diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP), densidade do solo inicial (Dsi), densidade de partícula (DP), porosidade total (PT) e compactabilidade (densidade do solo após ser submetido a quatro energias de compactação - DsE1, DsE2, DsE3 e DsE4), em três profundidades, com oito repetições. A RP e a compactabilidade aumentaram significativamente com o aumento da profundidade do solo, apresentando valores extremos de 2,47 a 5,81 kgf/cm² e de 1,50 a 1,84 g/cm³, respectivamente. A RP e a compactabilidade apresentaram correlação significativa entre si, e apresentaram correlação significativa com o teor de CO, argila e silte, não apresentando correlação significativa com os demais atributos estudados.

Palavras-chave: Semi-árido, Compactabilidade do solo, Degradação.

SUSCEPTIBILITY TO THE COMPACTING AND CORRELATION AMONG THE PHYSICAL PROPERTIES OF A NEOSSOLO UNDER CAATINGA VEGETATION

Abstract- The use and inadequate management of the soils under caatinga vegetation are pointed as one of the main causes of the degradation and desertation of that environment. The compacting of the soil, that it depends on several intrinsic and extrinsic factors, it is considered as a good indicator of degradation of the soil. This study had as objective evaluates the susceptibility to the compacting and resistance to the penetration and their correlation with physical attributes of a Neossolo Litólico (Brazilian system of classification of soils) under caatinga vegetation. The study was developed in the area of Serra Talhada - PE and it considered as variables the tenor of organic carbon (CO), resistance the penetration (RP), clay tenor (Clay), silte (Silte) and sand (Sand), medium diameter of the cluster (DMP), density of the initial soil (Dsi), particle density (DP), total porosity (PT) and compactability (density of the soil after being submitted to four compacting energies - DsE1, DsE2, DsE3 and DsE4), in three depths, with eight repetitions. The RP and compactability increased significantly with the increase of the depth of the soil, presenting extreme values for 2,47 at 5,81 kgf/cm² and 1,50 at 1,84 g/cm³, respectively. RP and the compactability presented significant correlation amongst themselves, and they presented significant correlation with the tenor of CO, clay and silte, not presenting significant correlation with the other studied attributes.

Key words: Semi-arid, Compactability of the soil, Degradation.

INTRODUÇÃO

A caatinga cobre uma grande área do semi-árido nordestino e parte dela, correspondendo a centenas de milhares de hectares, é derrubada anualmente para produção de lenha e para plantio no sistema de agricultura itinerante. Geralmente, nesses locais, após a retirada da madeira aproveitável, o material vegetal é queimado e o local abandonado ao crescimento da vegetação nativa, no caso da produção de lenha, ou cultivado por alguns anos antes do abandono, no caso da agricultura itinerante.

A destruição da cobertura vegetal leva a uma maior exposição da superfície do solo, diminuindo ainda mais a precipitação e modificando, assim, os microclimas locais e superficiais. Este quadro condiciona também a perda de solo pela ação dos agentes erosivos, a maior oxidação da matéria orgânica e a redução da capacidade de retenção de água dos solos (MENDES, 1986).

O uso e o manejo inadequado dos solos são apontados como as principais causas de origem antrópica relacionadas com a desertificação. O extrativismo vegetal e mineral, assim como o superpasteio das pastagens nativas ou cultivadas e o uso agrícola por culturas que expõem os solos aos agentes da erosão são as principais causas dos processos de desertificação (ACCIOLY, 2000).

Um dos indicadores de degradação é a compactação do solo, que pode ser definida com aumento da densidade do solo (Ds) provocada pelo rearranjo das partículas primárias (areia, silte e argila) e dos agregados, causado pelas operações de cultivo ou pela pressão de veículos e implementos de preparo do solo (TORRES et al., 1993). Segundo GUPTA et al. (1989), compactação é a compressão de um solo não saturado que resulta na redução do volume e aumento da densidade de uma determinada massa de solo. A densidade máxima obtida por uma compressão em um solo com uma dada energia é conhecida por compactabilidade (BRADFORD & GUPTA, 1986).

A compactação do solo depende de fatores internos e externos. Dentre os fatores internos estão a composição mineralógica, textura, estrutura, teor de umidade e matéria orgânica; os fatores externos podem ser atribuídos principalmente à energia de compactação aplicada ao solo, que pode ser natural, pela ação do impacto das gotas de chuva, ou artificial por meio do pisoteio de animais ou humanos e pelo uso de equipamentos agrícolas. Solos argilosos, solos com alto teor de areia fina e solos com baixo teor de matéria orgânica são mais susceptíveis à compactação (BENNIE & KRYNAUW, 1985).

Segundo MANTONANI (1987), além da porosidade e a densidade do solo, a resistência à penetração também é utilizada na avaliação da compactação do solo, esse processo representa o aumento da resistência à penetração de raízes, redução da porosidade, da continuidade de poros, da permeabilidade e da disponibilidade de nutrientes e água.

A configuração interna da matriz do solo é chamada de estrutura do solo. Segundo OADES (1984), a agregação é possivelmente a mais importante propriedade física do solo já que os agregados estáveis do solo têm influência benéfica no status de umidade do solo, dinâmica de nutrientes, manutenção de terras cultivadas e na redução da erosão. A desagregação do solo pode ocorrer pela ação de vários fatores, de maneira geral, os agregados estáveis que persistem quando solos são umedecidos ou sujeitos a estresse mecânico pode indicar a suscetibilidade à erosão, formação de encrostamento superficial e compactação (LE BISSONNAIS & ARROUAYS, 1997). Uma das técnicas mais empregadas para se avaliar o grau de estabilidade dos agregados do solo é a análise da distribuição do tamanho dos agregados, quando submetidos a peneiramento molhado. Esta técnica, que envolve o umedecimento da amostra de solo, e depois a separação dos agregados em vários tamanhos pelo peneiramento da amostra através de um conjunto de peneira sob a água (EMBRAPA, 1997).

A susceptibilidade de um solo a compactação pode ser avaliada com ensaio de proctor normal ou suas variantes. Nesse tipo de ensaio para uma mesma energia de compactação, a densidade obtida depende da umidade do solo, ou seja, a densidade aumenta com o incremento da umidade até determinado valor, depois, torna-se decrescente. Assim, compactando o solo em várias umidades, mas sempre com a mesma energia, e relacionando-se os valores de densidade obtidos com a umidade de compactação, obtém-se a curva de compactação do solo, da qual se calculam a umidade crítica de compactação e a densidade máxima correspondente (BRAIDA et al., 2006). NHANTUMBO & CAMBULE (2006) desenvolveram vários modelos de regressão, onde o teor de umidade crítica é calculado em função dos teores de argila ou argila mais silte componentes da granulometria do solo.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a susceptibilidade à compactação e resistência à penetração e suas correlações com o teor de carbono, textura, diâmetro médio de agregados, densidade do solo e porosidade total, em três profundidades de um solo sob vegetação de caatinga da microbacia do Açude do Saco do município de Serra Talhada – PE.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no município de Serra Talhada, Sertão de Pernambuco, na microbacia do Açude do Saco em um Neossolo Litólico com vegetação de caatinga. O clima local enquadra-se de acordo com a classificação de Koppen adaptada para o Brasil, no tipo Bwh, denominado semi-árido, quente e seco, com chuvas de verão, médias anuais térmicas superiores a 25°C e pluviosidade média anual de 650 mm/ano com chuvas irregulares.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com oito repetições. Foram considerados como tratamento três profundidades de amostragem (0 a 5, 5 a 10 e 10 a 15 cm). O experimento foi realizado em período seco, sendo que, os locais de amostragem encontravam-se úmidos, devido à teste de infiltração com chuva artificial realizado no dia anterior. Como parâmetro de avaliação foram considerados: teor de carbono orgânico (CO), resistência a penetração (RP), teor de argila (Argila), teor de silte (Silte), teor de areia (Areia), diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP), densidade do solo inicial (Dsi), densidade de partícula (DP), porosidade total (PT) e compactabilidade (densidade do solo após ser submetido a quatro energias de compactação - DsE1, DsE2, DsE3 e DsE4).

O teor de carbono das 24 amostras foi determinado no Laboratório de Fertilidade e Nutrição de Plantas da Embrapa Tabuleiros Costeiros de acordo com método da EMBRAPA (1997).

A RP foi determinada, nas condições de campo descritas anteriormente, por meio de um penetrômetro com anel dinamométrico, registrador de força máxima (kgf) e cone com área de 6,33 cm², de fabricação da Solotest.

Os demais atributos físicos foram determinados no Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, conforme descrito a seguir:

A Dsi foi determinada por meio da coleta de amostras indeformadas, através de um cilindro amostrador de 245 cm³ e secagem em estufa 105 C° por 24 horas para obtenção do peso seco. A granulometria foi determinada pelo método do densímetro em solo disperso em provetas de 1 litro. A DP foi determinada pelo método do balão volumétrico, para cálculo da PT por meio da relação Dsi/ DP. O DMP foi determinado por meio do peneiramento úmido que mede a quantidade e distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água, relacionando-se com os que não desintegram pela tamisação. Foram utilizados 100 g de terra fina seca ao ar, submetidos a um peneiramento durante 04 min com intensidade de 32 ciclos por minuto em jogo de peneiras de 3.35, 2.00, 1.00, 0.500 e 0.25 mm. A metodologia utilizada para a determinação desses atributos físicos foi a descrita em EMBRAPA, 1997.

Para obtenção das densidades do solo após a compactação, foi utilizado um proctor com dimensões reduzidas em relação ao aparelho utilizado na engenharia civil para testes de proctor normal, que utiliza volumes relativamente grandes de solo (4 kg) para cada teste (BRAIDA et al., 2006), o que implica em um grande volume de solo a ser transportado, quando o número de testes é grande e as amostras não podem ser reaproveitadas considerando a destruição de micro agregados após os testes. O proctor utilizado comportava em um cilindro de ferro amostras com 114 cm³, que recebiam golpes de um martelo cilíndrico com peso de 1,8 kg, com 30,5 cm de altura de queda. Para calcular o número de golpes necessários para obtenção da energia de

compactação do teste de proctor normal ($E_c = 5,95 \text{ kg.cm.cm}^{-3}$) foi utilizada a equação (1) (STANCATI et al., 1981).

$$E_c = P.h.N/V \quad (1)$$

Onde:

E_c = Energia de compactação (kg.cm.cm⁻³)

P = Massa do Martelo (kg)

h = Altura de queda do Martelo (cm)

N = Número de golpes

V = Volume de solo (cm³)

Foi calculada a necessidade da aplicação de 12 golpes para obter a E_c mais próxima do teste de proctor normal, correspondendo a uma energia de compactação de 5,78 kg.cm.cm⁻³. As amostras receberam 3, 6, 12 e 18 golpes, correspondendo a energias de compactação de 0.25, 0.50, 1.00 e 1.50 vezes a energia de proctor normal, respectivamente, para obtenção das densidades relativas à quatro energias de compactação (DsE1, DsE2, DsE3 e DsE4).

O teor de umidade das amostras foi padronizado em 65% do teor de umidade crítica (9,28%), necessário para obtenção da densidade máxima, calculada conforme a equação (2), sugerida por NHANTUMBO & CAMBULE (2006), em função do teor de argila mais silte (A+S).

$$TUC = 7,0709 + 0,2255(A+S) \quad R^2 = 0,82 \quad (2)$$

As amostras de solo foram passadas em peneira com malha de 4 mm e umedecidas dentro de sacos plásticos fechados hermeticamente. Para a homogeneização da umidade, as amostras foram agitadas suavemente por três vezes durante as 24 horas que antecederam os testes de proctor.

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de média (Tukey a 5% de probabilidade), utilizando o programa estatístico Sisvar, desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras. Para análise de correlação entre os atributos físicos, foi utilizado o programa estatístico SAEG, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias para os atributos estudados nas três profundidades estão representadas na Tabela 1. A RP e a compactabilidade foram os atributos que apresentaram maiores diferenças com o aumento da profundidade. Sendo que, a RP aumentou significativamente com a profundidade, variando de 2,47 a 5,81 kgf/cm², corroborando resultados encontrados por SILVA et al. (2006) estudando RP em áreas semelhantes. Em média, a densidade do solo variou 1,57 a 1,77 g/cm³ com o aumento da energia de compactação de E1 para E4,

conforme era previsto. No entanto, é importante observar que a densidade do solo, quando submetido à compactação pelo teste de proctor, aumentou significativamente com a profundidade para as quatro energias de compactação, variando de 1,50 a 1,63 g/cm³ e 1,68 a 1,84 g/cm³, para a menor e maior energia de compactação, respectivamente. Esses resultados mostram que existe uma relação entre compactabilidade e RP conforme sugerido por DIAS JUNIOR (2000).

Os teores de areia, DMP, Dsi, Dp e PT não apresentaram variação significativa com a profundidade, portanto, as variações de RP e compactabilidade com a profundidade estão relacionada com o teor de argila e silte que variaram significativamente e de forma antagônica entre as profundidades de 0 a 5 e 10 a 15 cm, e com o teor de matéria orgânica que, mesmo não apresentando diferença significativa, teve tendência de diminuir com a profundidade do solo (Tabela 1). Os resultados estão de acordo com BAVER et al (1973), que afirmam que resistência do solo está relacionada com a textura, sendo que, os solos arenosos apresentam menor resistência à penetração do que os solos argilosos devido a menor manifestação da coesão entre as partículas de areia quando comparadas às de argila.

Esses resultados podem ser confirmados na Tabela 2, que apresenta correlações significativas entre as variáveis CO, Argila e Silte com a RP e com a compactabilidade nas quatro energias de compactação. O silte e a matéria orgânica, ao contrario da argila, apresentam correlação negativa com a RP a compactabilidade. Esses resultados estão de acordo com BRAIDA et al. (2006), que afirmaram que o acúmulo de matéria orgânica, proporcionado por diferentes sistemas

de manejo do solo, reduz a densidade máxima quando o solo é submetido à compactação.

A água funciona como um lubrificante entre as partículas minerais do solo, proporcionando, até um determinado teor, o aumento na susceptibilidade do solo em sofrer compactação. Além do efeito amortecedor da matéria orgânica em dissipar parte da energia de compactação, ela é capaz de disputar a água existente no sistema com as partículas minerais o que depende das características da própria matéria orgânica e das partículas minerais. Por isso o efeito do CO sobre a umidade crítica de compactação é maior em solo arenoso do que argiloso, uma vez que no primeiro a matéria orgânica é muito mais hábil em reter água do que as partículas minerais, sendo, portanto, mais eficiente em reduzir o efeito da água sobre o atrito entre as partículas minerais (BRAIDA et al., 2006), o que confirma os resultados obtidos.

O solo estudado além de apresentar significativamente menor teor de argila na camada mais superficial, também apresenta tendência de maiores teores de MO na superfície, proporcionando um efeito cumulativo, o que explica a menor susceptibilidade à compactação nas camadas superficiais. Observada a fragilidade do ambiente de caatinga em produzir material orgânico para solos rasos, os efeitos de manejos irracionais de desmatamentos, queimadas e exploração intensiva pela agricultura e pecuária, que provoca a erosão laminar das camadas superiores do solo, deixando expostas camadas de solo cada vez mais vulneráveis a compactação, diminuição das taxas de infiltração e elevação da taxa de erosão, pode culminar em extensas áreas desertificadas.

Tabela 1 – Teor de carbono orgânico (CO), resistência a penetração (RP), teor de argila (Argila), teor de silte (Silte), teor de areia (Areia), diâmetro médio ponderado de agregado (DMP), densidade do solo inicial (Dsi), Densidade de partícula (DP), porosidade total (PT) e densidade do solo em quatro energias de compactação (DsE1, DsE2, DsE3 e DsE4) em três profundidades de um Neossolo sob caatinga

Variáveis	Profundidade (cm)			Média	CV (%)
	0 a 5	5 a 10	10 a 15		
Carbono (%)	8,35 a	7,56 a	7,09 a	7,67	14,32
Argila (%)	11,16 b	13,73 a	14,35 a	13,08	8,51
Silte (%)	19,64 a	19,52 a	17,27 b	18,81	8,34
Areia (%)	69,20 a	66,76 a	68,39 a	68,11	2,74
DMP (mm)	0,90 a	0,97 a	0,96 a	0,94	7,54
Dsi (g/cm ²)	1,35 a	1,39 a	1,40 a	1,38	6,32
Dp (g/cm ²)	2,34 a	2,36 a	2,39 a	2,37	2,38
PT (%)	42,19 a	41,22 a	41,39 a	41,60	10,66
RP (kgf/cm ²)	2,47 c	4,42 b	5,81 a	4,23	13,56
DsE1 (g/cm ²)	1,50 c	1,59 b	1,63 a	1,57	1,38
DsE2 (g/cm ²)	1,58 c	1,67 b	1,71 a	1,65	1,37
DsE3 (g/cm ²)	1,65 c	1,74 b	1,80 a	1,73	1,15
DsE4 (g/cm ²)	1,68 c	1,79 b	1,84 a	1,77	1,17

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 2 – Correlações entre profundidade de amostragem (Prof.), carbono orgânico (CO), resistência a penetração (RP), teor de argila (Argila), teor de silte (Silte), teor de areia (Areia), diâmetro médio ponderado de agregado (DMP), densidade do solo inicial (Dsi), porosidade total (PT) e densidade do solo em quatro energias de compactação (DsE1, DsE2, DsE3 e DsE4) de um Neossolo sob caatinga

Var.	Prof.	CO	RP	Argila	Silte	Areia	DMP	Dsi	PT
CO	- 0,4033 *	-	-	-	-	-	-	-	-
RP	0,9060 **	- 0,5508 **	-	-	-	-	-	-	-
Argila	0,4789 **	- 0,5304 **	0,5392 **	-	-	-	-	-	-
Silte	- 0,4719 **	0,2881 ns	- 0,5675 **	- 0,2717 ns	-	-	-	-	-
Areia	- 0,1133 ns	0,2902 ns	- 0,1021 ns	- 0,7375 **	- 0,4496 *	-	-	-	-
DMP	0,3435 ns	- 0,1141 ns	0,2943 ns	0,5070 **	0,0082 ns	- 0,4763 **	-	-	-
Dsi	0,1885 ns	- 0,6251 **	0,3739 *	0,6488 **	- 0,0234 ns	- 0,5858 **	0,1858 ns	-	-
PT	- 0,0672 ns	0,5197 **	- 0,2781 ns	- 0,5183 **	- 0,0326 ns	0,5039 **	- 0,1445 ns	- 0,9634 **	-
DsE1	0,8204 **	- 0,5946 **	0,7959 **	0,6413 **	- 0,5740 **	- 0,1924 ns	0,2522 ns	0,3337 ns	- 0,1469 ns
DsE2	0,7846 **	- 0,6615 **	0,7805 **	0,6747 **	- 0,5851 **	- 0,2156 ns	0,2741 ns	0,3269 ns	- 0,2200 ns
DsE3	0,8286 **	- 0,6171 **	0,8229 **	0,6417 **	- 0,5955 **	- 0,1777 ns	0,2680 ns	0,3452 ns	- 0,1681 ns
DsE4	0,8474 **	- 0,6434 **	0,8364 **	0,6551 **	- 0,5543 **	- 0,2190 ns	0,2823 ns	0,3297 ns	- 0,2349 ns

** Correlação significativa ao nível de 1% de probabilidade

* Correlação significativa ao nível de 5% de probabilidade

ns Correlação não significativa

CONCLUSÕES

O solo sob caatinga estudado apresenta maior resistência à penetração e susceptibilidade a compactação com o aumento da profundidade.

Para esse solo, a resistência à penetração e susceptibilidade a compactação apresenta correlação significativa e positiva para teor de argila e significativa e negativa para teor de carbono e silte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCIOLY, L.J. de O. Degradação do solo e desertificação no Nordeste do Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.25,n.1., p.23-25, 2000.

BAVER, L. D.; GARDNER, W. H. & GARDNER, W. R. **Física de suelos**. 1ª ed. México: Union Tipográfica Editorial Hispano Americana. 1973. 529 p.

BENNIE, A.T.P.; KRYNAUW, G.N. Causes, adverse effects of soil compaction. **South African Journal Plant Soil** 2, 1985, p.109-114.

BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M; VEIGA, M. da; REINERT, D.J. **Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio de proctor**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2006, V.30, p.605-614.

BRADFORD, J.M.; GUPTA, S.C., Compressibility. In: **Methods of soil analysis**. Part I. Physical and Mineralogical Methods. American Society of

Agronomy—Soil Science Society of America, WL, USA, 1986, p.476–479.

DIAS JUNIOR, M. de S. Compactação do solo. In: Tópicos em Ciência Do Solo, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, V.1, p.55-90. 2000.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

GUPTA, S.C., SHARMA, P.P., DEFRANCHI, S.A.,. Compaction effects on soil structure. **Advanced Agronomy**, 41, 1989, p.331–338.

LE BISSONNAIS, Y.; ARROUAYS D., **Aggregate stability and assesment of soil crustability and erodibility**. Eur.J.Soil Sci. 48 : 39-48. 1997.

MENDES, B.V. Desertificação do semi-árido. In: SEMINÁRIO SOBRE DESERTIFICAÇÃO NO NORDESTE. Fortaleza, 1986. **Anais ...**, Fortaleza, 1986. p.111-115.

MANTOVANI, E.C. Compactação do solo. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, 13:52-55, 1987.

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**, 87, 2006, p.231–239.

OADES, J. M. **Soil organic matter and structural atability: Mechanisms and implications for management**, Plant Soil, v – 76, 1984, p. 319 – 337.

SILVA, M.D.R. de O.; PISCOYA, P. C.; MELO, R. O.; BEZERRA, S.A.; CANTALICE, J. R. B. Resistência à penetração de solos do semi-árido pernambucano. XVI Reunião Brasileira de Manejo e Conservação de Solo e Água, **Anais ...**, Aracaju, CD, 2006.

STANCATI, G.; NOGUEIRA, J.B. ; VILLAR, O.M. Compactação do solo. In: **Ensaio de laboratório em mecânica do solos**. São Paulo, USP, 1981. p. 81-93.

TORRES, E.; SARAIVA, O.F.; GALERANI, P.R. **Manejo do solo para a cultura da soja**. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1993. 71p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 12).