



Ensaio Oedométricos em Função da Variação do Teor de Água e de Matéria Orgânica⁽¹⁾.

Clara Nívea Costa do Vale⁽²⁾; Larissa Luana Nicodemos Ferreira da Silva⁽³⁾; Elioneide Jandira de Sales⁽⁴⁾; Joaquim Odilon Perreira⁽⁵⁾; Suêdemio de Lima Silva⁽⁶⁾; José Espínola Sobrinho⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq.

⁽²⁾ Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-árido; Mossoró, RN; claranivea@hotmail.com; ⁽³⁾ Aluna de Pós-Graduação no Programa de Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-árido; ⁽⁴⁾ Aluna de Graduação em Eng. Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Rural do Semi-árido; ⁽⁵⁾ Professor Adjunto da Universidade Federal Rural do Semi-árido; ⁽⁶⁾ Professor Adjunto da Universidade Federal Rural do Semi-árido; ⁽⁷⁾ Professor Associado IV, Universidade Federal Rural do Semi-árido.

RESUMO:

A excessiva compactação tem consequências danosas para a agricultura e para o meio ambiente, como aumento do escoamento superficial, redução de poros, entre outros, esse problema vêm se intensificando com o uso de máquinas agrícolas que estão cada vez maiores e mais pesadas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a compactação do solo em laboratório por meio de ensaio de compressão uniaxial utilizando amostras deformadas, obtidas de áreas cultivadas com milho e ensaiadas com quatro diferentes teores de matéria orgânica (com 5, 10, 15 e 30% de resíduo de esterco bovino) e seis teores de água (aproximadamente 5, 9, 12, 16, 20 e 30%). O experimento foi conduzido no Sítio Barra, município de Riacho dos Cavalos – PB, no período de novembro de 2012 a março de 2013. Os parâmetros de índice de vazios estrutural e índice de compressão do solo foram analisados na camada de 0 a 5 cm do solo. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com os tratamentos em esquema fatorial 4 x 6 com três repetições. Os resultados mostram que a incorporação do esterco bovino na estrutura do solo e a variação no teor de água foram fatores importantes para redução da compactação do solo e melhorar a capacidade de suporte.

Termos de indexação: Compactação, danos a agricultura, redução da porosidade.

INTRODUÇÃO

A compactação do solo tem sido uma das principais causas da degradação de áreas cultivadas, e conseqüente, abandono de áreas antes agricultáveis. Muitos estudos já foram realizados para determinar a relação entre a compactação do solo e a produtividade das diferentes cultivares agrícolas. As dificuldades aumentam quando o objetivo é determinar a real condição estrutural do solo a partir do qual a compactação é prejudicial ao cultivo agrícola. Uma

forma de evitar o processo de compactação do solo é a utilização de sistemas conservacionistas de preparo do solo que possibilitam um aumento da cobertura morta que aumenta a matéria orgânica do solo (Reichert et al, 2009).

As principais consequências da deformação do solo no volume total de poros e no funcionamento do solo são redução de fluxos de água e de gás pela compactação do solo, onde, com aumento da compactação, os poros do solo se reorganizam, causando anisotropia das funções do poro (Horn, 2003).

Um método importante na avaliação da compactação do solo é realizado por ensaio de compressão uniaxial. Esse método consiste na determinação da curva de tensão-deformação de amostras de solo, deformado ou não deformado, simulando condições de tráfego de máquinas, implementos agrícolas e animais nas mais variadas condições de campo. Para minimizar a compactação causada no solo, é necessário limitar as cargas aplicadas ao solo inferior à pressão de pré-compressão do solo. Essa pressão consiste no valor limite da deformação elástica e da deformação plástica obtida na curva de tensão-deformação.

O conhecimento do comportamento das reações de diferentes tipos de solo frente às cargas exercidas pelas máquinas, implementos agrícolas e animais, em função de seu estado físico, implica a compreensão dos mecanismos de avaliação do processo de compactação do solo. O conteúdo de matéria orgânica presente no solo interfere na densidade do solo, reduzindo ou aumentando o seu valor, conforme aumenta ou reduz o teor de carbono (MELLO, 2002).

O objetivo desse trabalho é avaliar, em laboratório a compactação do solo por meio de ensaio de compressão uniaxial em amostras deformadas, obtidas na fazenda com cultivar de milho, ensaiadas com quatro diferentes teores de matéria orgânica no solo (com 5, 10, 15 e 30% de resíduo de esterco bovino) e seis teores de água (aproximadamente 5, 9, 12, 16, 20 e 30%).



MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em uma propriedade rural da região, situada no município de Riacho dos Cavalos – PB, distante aproximadamente 180 km da cidade de Mossoró – RN, localizado a 06°26'34"S e 37°39'03"W, com altitude de 200 m. A área estudada foi utilizada como sistema de pastejo por mais de 10 anos, para criação de gado leiteiro e de corte, até o ano de 2009, quando o experimento foi instalado. O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é do tipo BSW_h, ou seja, seco e quente, com duas estações climáticas: uma seca que vai geralmente de junho a janeiro e outra chuvosa, de fevereiro a maio, apresentando temperatura média anual de 27°C, precipitação pluvial de 850 mm e solo foi classificado como NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico (EMBRAPA, 2006).

O delineamento experimental utilizado foi o delineamento em blocos ao acaso para os parâmetros de índice de vazios estrutural e índice de compressão do solo, com os tratamentos em esquema fatorial 4x6 com três repetições. Os fatores correspondem a quatro teores de matéria orgânica (com 5, 10, 15 e 30% de resíduo de esterco bovino), seis teores de água (5, 9, 12, 16, 20 e 30%). O solo foi coletado em área experimental de um hectare, a qual foi dividida em quatro blocos de 0,25 ha, sendo o solo em estudo retirado da camada de profundidade de 0 - 5 cm.

A análise de variância foi realizada a fim de obter informações sobre a diferença entre tratamentos em relação às variáveis. Nos casos em que a diferença foi significativa pelo teste F ao nível de 5% de significância, foram comparadas as médias pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. A análise de variância foi feita com o auxílio do programa estatístico Sistema para Análise de Variância – SISVAR, 2003. (PERREIRA, 2000).

Foram realizadas análises granulométricas conforme metodologia da Embrapa (1997), densidade de partículas (δ_p) pelo método do Balão volumétrico (STENGEL, 1983), densidade de solo (δ_s) pelo método do anel volumétrico, conforme descrito por Embrapa (1997), A porosidade estrutural foi determinada pela diferença entre a porosidade total e textural de acordo com Monnier et al., (1973), sendo a porosidade textural pelo método de Stengel (1983) e total foi determinada em termos de índice de vazios total (e_t) do solo pela equação $e_t = \delta_p / \delta_s - 1$.

O índice de compressão do solo foi calculado com as curvas de compressão uniaxial seguindo metodologia utilizada por Guérif (1982) e Weiss (2005). Os ensaios de compressão uniaxial foram realizados utilizando-se amostras deformadas do

experimento, com milho, foram utilizados anéis volumétricos de 2,4 cm de altura e com 7,0 cm de diâmetro interno. As amostras foram submetidas à ação de uma prensa pneumática com pistão deslizante verticalmente, permitindo a compactação uniaxial confinada drenada da amostra de solo no interior da célula. As amostras de solo deformado foram preparadas conforme densidade desejada, que é de aproximadamente 1,3 g/cm.

No Laboratório de Dinâmica do Solo na Interação Solo-Máquina da UFERSA, foram realizados os ensaios no sistema de compactação uniaxial, confinado e drenado, com teores de água de aproximadamente 5, 9, 12, 16, 20 e 30%, nas composições de solo com 5, 10, 15 e 30% de resíduo de esterco bovino. No solo com esterco, foi colocada água até seu inteiro umedecimento, permanecendo por aproximadamente 45 dias até sua secagem, com o objetivo de acelerar o processo de decomposição do esterco e posteriormente ser utilizado para ensaio. O carregamento do solo foi realizado por pressões cíclicas sequenciais de 25, 50, 75, 100, 200, 300, 450 e 600 kPa. O controle da aplicação dos níveis de pressão foi efetuado por uma válvula pneumática proporcional, acionada eletronicamente. Cada pressão foi submetida a um tempo de 30 s para compressão do solo e de 120 s para relaxamento do solo. A deformação foi medida no final de cada carregamento, e após cada relaxamento, correspondendo, respectivamente, a deformação máxima e mínima. Foram realizadas três repetições (R1, R2 e R3) sistemáticas para cada amostra.

Foram determinadas curvas de compressão do índice de vazios estrutural em função da pressão aplicada. As curvas foram modeladas usando o modelo elástico-plástico de deformação do solo, segundo Atkinson e Bransby (1978).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância do índice de compressão do solo para a interação teor de água *versus* porcentagem de matéria orgânica com a composição de solo apresentou interação significativa ao nível de 5% de probabilidade. Os resultados estão amostrados na Tabela 1.

Para o ensaio com teor de matéria orgânica (MO) de 5%, os resultados apresentaram diferenças significativas entre os teores de 5 e 9% de água, e 15 e 30%; com teor de matéria orgânica de 10%, os resultados apresentaram diferença apenas nos teores de 15 e 30% de umidade. Analisando isoladamente os teores de água, pode-se verificar que não ocorreu efeito significativo da matéria orgânica para as umidades 5, 9 e 12%, considerando teores de matéria orgânica baixos.



Tabela 1 - Valores médios de índice de compressão do solo para diferentes composições de solo (com 5%, 10%, 15% e 30% de resíduo de esterco bovino) com teores de 6%, 9%, 12%, 16%, 20% e 30% de água.

Trat.	Teor de Matéria Orgânica				
	5%	10%	15%	30%	
Teor de Água	5%	0,16 Aa	0,13 Aba	0,14 ABab	0,10 Ba
	9%	0,14 Aab	0,14 BCa	0,16 Aab	0,11 Ca
	12%	0,14 Aab	0,13 Aa	0,14 Aab	0,12 Aa
	16%	0,12 Aabc	0,12 Aa	0,13 Aab	0,14 Aa
	20%	0,10 Abc	0,11 Aab	0,13 Aab	0,14 Aa
	30%	0,07 Ac	0,05 Bb	0,09 ABb	0,11 Aa

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (DMS = 0,020) e maiúscula na linha (DMS = 0,028) diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A análise de variância do índice de vazios estrutural do solo para a interação teor de água com diferentes composições de solo do sistema de cultivo de milho apresentou interação significativa ao nível de 5% de probabilidade como mostra a Tabela 2, foi possível verificar que ocorreu diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade para a interação do teor de água com a composição de solo.

Tabela 02 - Valores médios do índice estrutural inicial do solo para diferentes composições de solo (com 5%, 10%, 15% e 30% de resíduo de esterco bovino) com teores de 6%, 9%, 12%, 16%, 20% e 30% de água.

Trat.	Teor de Matéria Orgânica				
	5%	10%	15%	30%	
Teor de Água	5%	0,74 Aa	0,73 Aa	0,75 Aa	0,76 Aa
	9%	0,71 Aab	0,72 Aab	0,72 Aab	0,73 Aab
	12%	0,70 Abc	0,69 Ab	0,70 Ac	0,70 Ab
	16%	0,71 Abc	0,71 Aab	0,70 Ac	0,69 Ab
	20%	0,67 Ac	0,62 Bc	0,63 Bc	0,61 Bc
	30%	0,70 Abc	0,62 Bc	0,53 Cd	0,41 Dd

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (DMS = 0,101) e maiúscula na linha (DMS = 0,111) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As curvas de compressão oedométrica do índice

de vazio estrutural em função da pressão aplicada, de amostras de solo com teor de MO 5, 10, 15 e 30% a teores de água variados, são apresentadas na Figura 1.

Analisando as curvas de compressão do solo nas amostras com teor de MO de 5% (Figura 1a), verifica-se que, de forma geral, elas foram aproximadamente lineares, reduzindo o índice de vazios estrutural, com teor de água e com a pressão aplicada. Embora esse comportamento tenha sido o mesmo em todos os teores de água, observa-se nitidamente que para as altas pressões há uma aproximação dos índices de vazios para os teores de água superiores a 9%, e possível verificar que todas as curvas obtiveram mesmo comportamento, isso se deu pelo fato das amostras ficarem saturadas rapidamente, conseqüentemente com a mesma distribuição.

Comportamento similar ocorreu nos teores de MO 10 e 15% (Figuras 1b e 1c, respectivamente), verificando-se que o índice de vazios estrutural reduziu com a pressão aplicada, e com o teor de água. No entanto, pode-se visualizar que os índices de vazios foram muito próximos nos teores de água de 12 e 16%, evidenciando a similaridade. Nos baixos teores de água (6 e 9%), verifica-se que ocorreu forte redução nos índices de vazios a pressões superiores a 75 KPa, com evidencia para o teor de matéria orgânica de 15%. Os resultados revelam que a matéria orgânica foi, influenciou a redução da compactação do solo.

Na Figura 1d, foi possível visualizar que a MO de 30% o índice de vazios precisou ser submetido a pressões maiores, para que as amostras apresentassem efeitos da compactação, para todos os teores de água, com exceção do teor de água de 30%. Os resultados evidenciam que a matéria orgânica a determinados teores de água tem efeito importante na redução da compactação do solo, quando comparados os teores de 5, 10, 15 e 30% de MO. A redução do índice de vazios estrutural com o aumento do teor de água e com a pressão aplicada confirma os resultados encontrados por (LARSON et al., 1980, PEREIRA et al., 2007).

CONCLUSÕES

O índice de vazios estrutural reduz com o aumento do teor de água, com a incorporação de matéria orgânica e com a pressão aplicada.

A incorporação da matéria orgânica (esterco bovino) e fator importante para reduzir a compactação do solo e melhorar a capacidade de suporte do solo.

A pressão de pré-compressão é influenciada pela adição de matéria orgânica ao solo, aumentando com a sua incorporação ao solo.



AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica da primeira autora e a Universidade Federal Rural do Semi-árido pelo apoio técnico e estrutural.

WEISS, A. Projeto, construção e validação do sistema de compressão uniaxial para estimativa e compactação do solo. Cascavel, 48p, 2005. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

REFERÊNCIAS

ATKINSON, J.H. & BRANSBY, P.L. The Mechanics of Soils. An Introduction to Critical State Soil Mechanics. McGraw-Hill, London, 1978.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006, 2a ed. 412p

GUÉRIF, J. Compactage d'un massif d'agrégats: effet de la teneur en eau et de la pression appliquée. Agronomie, 2, 287–294, 1982.

HORN, R. & FLEIGE, H. A method for assessing the impact of load on mechanical stability and on physical properties of soils. Soil Till. Res., 73:89-99, 2003.

LARSON, W. E.; GUPTA, S. C. Estimating critical stress in unsaturated soils from changes in pore water pressure during confined compression. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 44, n. 6, p. 1127-1132, 1980.

MELLO, A. N. Degradação física dos solos sob integração agricultura-pecuária. In: ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO AGRICULTURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL, 1, 2002, Pato Branco. Anais... Pato Branco - PR: CEFET: PR, 2002. p. 43-60.

MONNIER, G., STENGEL, P. & FIES, J. C. Une méthode de mesure de la densité apparente de petits agglomérats terreux. Application à l'analyse des systèmes de porosité du sol. Annales Agronomiques, 24, 533–545, 1973.

PEREIRA, J. O.; BENEZ, S. H.; SILVA, Suedemio de Lima; RICIERI, Reinaldo Prandini. Efeito do teor de água e da pressão aplicada na compactação do solo. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 22, p. 220-228, 2002.

PEREIRA, J. O., DE'FOSSEZ, P.; RICHARD, G. Soil susceptibility to compaction by wheeling as a function of some properties of a silty soil as affected by the tillage system, European Journal of Soil Science, n. 58, p. 34-44, 2007.

REICHERT, J. M. et al. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no till crop production in subtropical highly weathered soils. Soil & Tillage Research, Amsterdam, v. 102, n.2, p. 242-254, Mar. 2009.

SISVAR, Versão 5.0. Copyright. Daniel Furtado Ferreira, 1999 – 2003.

STENGEL, P. Analyse de La porosité. Rapport, séminaire CEE – Agrimed, INRA Science du Sol, Avignon, 1983.

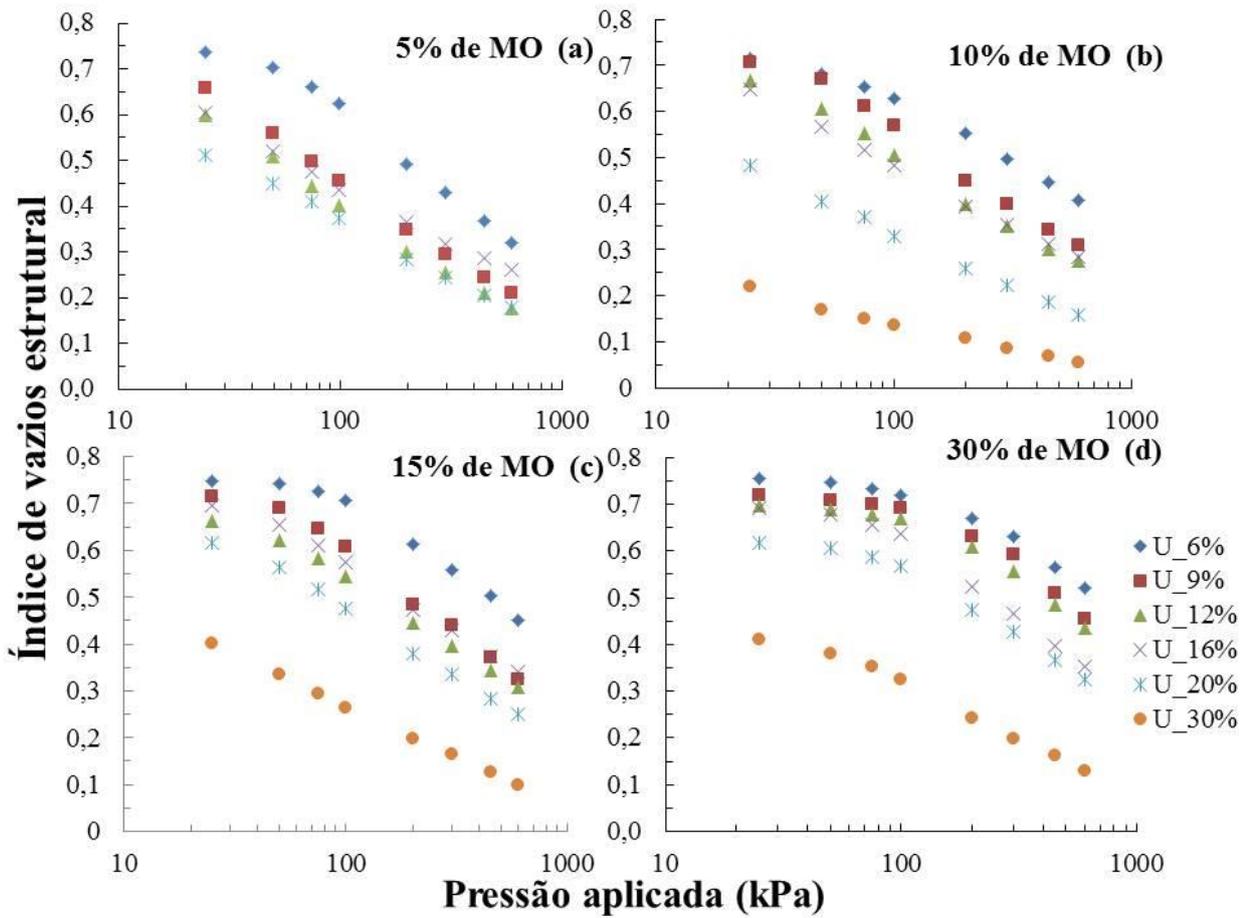


Figura 1 – Índice de vazio estrutural em função da pressão aplicada, com 5 (a), 10 (b), 15 (c), 30% (d) teores de matéria orgânica (MO) e variações do teor de água (U) 6, 9, 12, 16, 20 e 30%.