



Compressibilidade e Elasticidade de um Vertissolo submetido a diferentes pressões de pastejo

Luiz Eugênio Jacobs⁽¹⁾; Enrique Perez Gomar Capurro⁽²⁾; José Miguel Reinchert⁽³⁾; Dalvan José Reinert⁽³⁾; Marcelo Ivan Mentges⁽⁴⁾

(1) Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo - Bolsista Capes - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, CEP; 97105-900, leugenioagro@gmail.com (apresentador do trabalho); (2) Doutor em Ciência do Solo, UFSM, Bairro Camobi, Santa Maria, RS, CEP 97105-900 eperezgomar@tb.inia.org.uy; (3) Professor Titular, UFSM, Bairro Camobi, Santa Maria, RS, CEP 97105-900, reichert.jm@goolemail.com, dalvan@ccr.ufsm.br; (4) Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo - UFSM, Santa Maria, RS, CEP; 97105-900, marcelomentges@gmail.com.

RESUMO: O pisoteio animal, quando em excesso, ocasiona compactação, o que reflete na degradação do solo e das pastagens. O objetivo deste trabalho foi determinar a compressibilidade e elasticidade de um Vertissolo submetido a diferentes intensidades de pastejo. Os tratamentos estudados foram: baixa intensidade de pastejo, alta intensidade de pastejo e exclusão de pastejo. Foram estudadas as variáveis pressão de preconsolidação e índices de compressão e de relaxação na camada superficial do solo (0-3 cm) e na camada subsuperficial do solo (9-12cm). Os maiores valores de pressão de preconsolidação foram encontrados na camada superficial do solo correspondente às áreas submetidas ao pastejo. Valores maiores para o índice de compressão e valores menores de densidade encontraram-se na camada superficial do solo da área de exclusão de pastejo. Em todos os tratamentos a camada superficial do solo apresentou valores superiores para o índice de compressão e menores para a densidade. Os valores do índice de relaxação foram maiores na camada superficial do solo, sendo que a área de exclusão apresentou os maiores valores. Concluiu-se que o pisoteio animal elevou a pressão de preconsolidação e reduziu o índice de compressão do solo, em relação às áreas não pastejadas. Além disso, a camada superficial apresenta maior capacidade de recuperar-se às condições anteriores à compactação.

Palavras-chave: compressibilidade, elasticidade, pisoteio animal.

INTRODUÇÃO

A compactação constitui uma das principais causas da degradação do solo e das pastagens. O pisoteio animal é um agente potencializador desse processo pelo fato de exercer sobre o solo pressões superiores a

que o mesmo pode suportar. Estudos mostram que os animais, como os bovinos, podem exercer pressões no solo da ordem de 350 a 400 kPa (Proffitt et al., 1993).

A compactação excessiva pode limitar a adsorção e/ou absorção de nutrientes, infiltração e redistribuição de água, trocas gasosas e desenvolvimento radicular das plantas, o que resulta no decréscimo da produção e aumento da erosão (Bicki & Siemens, 1991).

A curva de compressão do solo é importante na determinação de parâmetros que podem auxiliar na tentativa de evitar a compactação (Dias Júnior & Pierce, 1996). A partir dela, obtém-se a pressão de preconsolidação (σ_p), que indica a capacidade do solo em suportar cargas, e o índice de compressão (C_c), que indica a susceptibilidade do solo à compactação. Além disso, pode-se determinar a elasticidade, expressa pelo índice de relaxação, que confere ao solo a capacidade de readquirir as mesmas condições anteriores à compactação.

Neste estudo, testou-se a hipótese de que o pisoteio animal afeta os parâmetros índices de compressão e relaxação do solo em diferentes intensidades na camada superficial e subsuperficial do solo. Desse modo, o objetivo deste trabalho foi determinar a compressibilidade e elasticidade de um Vertissolo submetido a diferentes intensidades de pastejo.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido em um campo experimental do INIA Glencoe, no Uruguai, sob um Vertissolo de origem basáltica.

O experimento consistiu na instalação dos tratamentos sobre áreas irrigadas e submetidas ao melhoramento de campo nativo com espécies forrageiras, tal como *Trifolium repens* (trevo branco) e

XVIII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil

Trifolium pratense (trevo vermelho). Foram avaliadas três intensidades de pastejo: exclusão de pastejo, baixa intensidade de pastejo (20 animais por hectare), alta intensidade de pastejo (40 animais por hectare). Os animais, todos com aproximadamente 385 kg de peso vivo, tiveram acesso ao experimento por um período de 4 dias durante o inverno e primavera e 4 dias durante o verão.

Para avaliar a compressibilidade, foram coletadas, para cada tratamento, 8 amostras de solo indeformado na camada de 0-3 cm, totalizando 24 amostras, e 4 amostras de solo na camada de 9-12 cm, totalizando 12 amostras. Posteriormente, saturaram-se as amostras e separaram-se as amostras extraídas de 0-3 cm em dois lotes. O primeiro foi equilibrado na tensão de 33 kPa e o segundo na tensão de 10 kPa, em câmaras de Richards. As amostras extraídas na profundidade de 9 a 12 cm foram equilibradas a tensão de 33 kPa.

O ensaio de compressão foi realizado em uma prensa de compressão uniaxial, com aplicações sequenciais de cargas estáticas de 12,5, 25, 50, 100, 200, 400, 800 e 1600 kPa, com um tempo de carga de 5 minutos. Com base na variação vertical, medido na prensa depois da aplicação de cada uma das cargas, calcularam-se os correspondentes índices de vazio (volume de vazios dividido pelo volume de sólidos) e as densidades das amostras de solo, com os quais foram obtidas as curvas de compressão, a fim de determinar o coeficiente de compressão (C_c) e a pressão de preconsolidação (σ_p), por meio do programa Compress (Reinert et al., 2003), visando o método de Casagrande (Holtz & Kovaks, 1981).

A elasticidade do solo, por sua vez, foi avaliada com as mesmas amostras e condições utilizadas para avaliar a compressibilidade. Para isso, as cargas na prensa uniaxial foram realizadas em três etapas: primeiramente foram aplicadas cargas de 12,5, 25, 50, 100, 200 e 400 kPa. Em seguida realizou-se a descarga sequencial das cargas aplicadas e, após o término da descarga, procedeu-se novamente a aplicação de todas as cargas incluindo as cargas de 800 e 1600 kPa. Tanto nas cargas quanto nas descargas as leituras foram realizadas após 5 minutos da aplicação das cargas. A elasticidade do solo é expressa pelo índice de relaxação (I_r), calculado através da variação do índice de vazios durante o descarregamento e o recarregamento. As análises estatísticas foram realizadas através do programa SAS, por meio da

comparação de médias por probabilidade T, considerando a possibilidade que as variâncias das médias comparadas poderiam ser diferentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se verificar que as amostras de 0 a 3 cm do tratamento exclusão de pastejo, equilibradas na tensão de 10 kPa e 33 kPa, apresentam valores de pressão de preconsolidação (σ_p) menores do que os tratamentos com pastejo (Tabela 1). As diferenças entre médias de σ_p do tratamento de exclusão de pastejo, em comparação ao tratamento de alta intensidade, deferiram estatisticamente ao nível de 13% e 14% de probabilidade de erro, respectivamente na profundidade de 9-12 cm e 0-3 cm (Tabela 3). Ainda, verifica-se que o tratamento de exclusão de pastejo apresenta valores de densidade (D_s) menores e valores de índice de compressão (IC) maiores em comparação aos tratamentos com pastejo. As diferenças entre médias do IC do tratamento exclusão de pastejo, em comparação ao tratamento de pastejo com alta intensidade, deferiram estatisticamente ao nível 13% de probabilidade de erro na profundidade de 9-12 cm (Tabela 3). Entre os tratamentos com pastejo os valores de IC pouco deferiram.

A σ_p estima a capacidade de suporte do solo e, dessa maneira, observa-se que o tratamento de exclusão, com menor densidade inicial do solo, apresenta menor resistência ao pisoteio e capacidade de suportar cargas, devido ao menor contato entre as partículas sólidas e menor força de coesão e atrito entre elas. Ao contrário, nos tratamentos com pastejo, o solo esteve submetido previamente ao efeito do pisoteio e, conseqüentemente, encontra-se mais compactado. Nesse caso, maior será a resistência às pressões aplicadas sobre ele, devido à maior resistência nos pontos de contato entre as partículas unitárias e ao alto grau de empacotamento entre elas. Dessa forma, o IC, que estima a suscetibilidade do solo à compactação, indica que as áreas de exclusão de pastejo se encontram mais suscetíveis a registrar maiores deformações que um solo compactado, quando esses são submetidos à mesma pressão.

Comparando os valores de IC em profundidades diferentes, os maiores valores são observados em todos os tratamento na superfície (0 a 3 cm), indicando maior susceptibilidade à compactação desta camada.

XVIII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil

A camada superficial do solo em estudo apresenta alto teor de matéria orgânica e esta decresce em profundidade (Tabela 2), o que pode influenciar a ocorrência desses maiores valores de IC. Segundo Braida et al (2010), os maiores teores de carbono orgânico e biomassa radicular presentes na camada superficial do solo afetam a suscetibilidade deste à deformação quando submetido a pressões. Estudando esse efeito em Argissolos, o autor verificou que o incremento de matéria orgânica resultou na diminuição da Ds, afetando a compressibilidade. No entanto, em um Nitossolo, o autor verificou que o incremento da matéria orgânica resultou na redução no IC, devido à capacidade da matéria orgânica em estabelecer fortes ligações entre as partículas minerais do solo, em função do elevado número de cargas superficiais e alta área superficial específica.

Dessa forma, no presente estudo, o efeito da matéria orgânica sobre a resistência dos pontos de contatos entre as partículas minerais não foi tão significativo. Porém, o teor de matéria orgânica na camada de 0 a 3 cm afetou a Ds. Observa-se na Tabela 1 que o solo, nas camadas de 0 a 3 cm, é menos denso que na camada de 9 a 12 cm e, conseqüentemente, apresenta maior IC.

O índice de relaxação (Ir) foi maior na camada de 0 a 3 cm em relação à camada de 9 a 12 cm nos diferentes tratamentos (Tabela 1). Observa-se que a exclusão de pastejo apresenta uma tendência de aumento do índice de relaxação em relação às áreas pastejadas. As médias do Ir no tratamento exclusão de pastejo, em comparação ao tratamento de pastejo com alta intensidade, deferiram estatisticamente ao nível 10% de probabilidade de erro na profundidade de 9-12 cm (Tabela 3). O Ir refere-se à elasticidade do solo e sua capacidade de recuperar-se ao estado anterior à compactação, podendo estar relacionado, semelhantemente ao IC, com o maior teor de carbono orgânico e biomassa radicular encontrada na camada superficial. A matéria orgânica, por ser flexível e elástica, apresenta boa capacidade de recuperar-se às condições anteriores a compactação. Dessa maneira, segundo Braida et al (2010), as partículas orgânicas ligadas a partículas minerais, são deformadas quando as partículas minerais são deslocadas durante a aplicação de uma carga, sem que as ligações se rompam totalmente. Ao cessar a aplicação da carga, as

partículas orgânicas tendem a retornar à forma original, deslocando consigo as partículas minerais.

Os resultados da análise estatística (Probabilidade T), apresentados na Tabela 04, mostram diferenças significativas entre as médias dos parâmetros IC e Ir, entre as camadas estudadas, para os tratamentos de exclusão de pastejo e o tratamento de pastejo com alta intensidade. Observou-se também diferença significativa na Ds entre as camadas.

CONCLUSÕES

O pisoteio animal elevou a pressão de preconsolidação e reduziu o índice de compressão do solo, em relação às áreas não pastejadas.

A camada de 9 a 12 cm apresentou menor suscetibilidade à deformação por cargas aplicadas sobre o solo, em relação à camada superior do solo.

A elasticidade do solo é aumentada pelo maior conteúdo de matéria orgânica e biomassa radicular presente na camada superficial do solo.

O pastejo animal pode afetar a elasticidade do solo ao reduzir a quantidade de resíduos vegetais sobre ele, em função do consumo alimentar dos animais.

REFERÊNCIAS

- BICKI, T.J.; SIEMENS, J.C. Crop response to wheel traffic soil compaction. *Transaction of the ASAE*, St. Joseph, v.34, 1991.
- BRAIDA, J.A.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; VEIGA, M. Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de um Nitossolo e um Argissolo R. *Bras. de Eng. Agr. e Ambiental* v.14, n.2, p.131-139, 2010.
- DIAS JUNIOR, M.S. & PIERCE, F.J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. *R. Bras. Ci. Solo*, 20:175-182, 1996.
- HOLTZ, R. D.; KOVACS, W. D. An introduction to geotechnical engineering. New Jersey: Prentice-Hall, 1981. 733 p.
- REINERT, D.J.; ROBAINA, A.; REICHERT, J.M. Compress – software e proposta de modelo para descrever a compressibilidade dos solos e seus parâmetros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: SBCE, 2003. (CD-ROM).
- PROFFITT, A.P.B.; BENDOTTI, S.; HOWELL, M.R. & EASTHAM, J. The effect of sheep trampling

XVIII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA
Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil

and grazing on soil physical properties and pasture growth for a Red - Brown earth. Aust. J.

Agric. Soil Res., 44:317-331, 1993.

Tabela 1 – Médias da pressão de preconsolidação (σ_p), índice de compressão (I_c), índice de relaxação (I_r) e densidade do solo (D_s), equilibrado a 10 e 33 kPa de tensão, nas profundidades de 0 a 3 cm e 9 a 12 cm, nos dois tratamentos de pastejo (Past 1 e Past 2) e na exclusão de pastejo (Exc).

Prof. (cm)	Trat.	Tensão 33 KPa				Tensão 10 KPa			
		σ_p (kPa)	I_c	I_r	D_s (g cm ⁻³)	σ_p (kPa)	I_c	I_r	D_s (g cm ⁻³)
0-3	Exc	38,96	0,70	0,21	0,91	32,48	0,66	0,29	0,92
	Past 1	45,53	0,62	0,22	0,92	43,00	0,50	0,20	1,01
	Past 2	47,53	0,61	0,22	0,94	40,05	0,54	0,24	0,99
9-12	Exc	40,93	0,42	0,10	1,13				
	Past 1	34,05	0,43	0,09	1,14				
	Past 2	44,50	0,31	0,07	1,26				

σ_p = Pressão de preconsolidação; I_c =Índice de compressão; I_r =Índice de relaxação; D_s =Densidade do solo; Exc=Exclusão pastejo; Past 1=Pastejo baixa intensidade; Past 2=Pastejo alta intensidade.

Tabela 2 - Granulometria e matéria orgânica do Vertissolo em diferentes profundidades do solo.

Prof. (cm)	Granulometria			Matéria orgânica (%)	
	Areia	Silte	Argila	Matéria orgânica	Carbono orgânico
0-19	13,1	46,3	40,6	6,89	3,99
19-51	7,40	27,4	65,2	3,12	1,81
51-78	7,10	28,4	64,5	1,74	1,01

Tabela 3 – Significância estatística (probabilidade de erro tipo 1) do teste t pareado para a diferença de médias entre tratamentos, em amostras equilibradas a 33 kPa de tensão e em amostras equilibradas a 10 kPa.

Prof.	σ_p			I_c			I_r			D_s		
	Ep x P1	Ep x P2	P1 x P2	Ep x P1	Ep x P2	P1 x P2	Ep x P1	Ep x P2	P1 x P2	Ep x P1	Ep x P2	P1 x P2
Tensão 33 kPa												
0-3	0,3110	0,1382	0,6639	0,4833	0,3407	0,8673	0,7323	0,8765	0,9541	0,5265	0,5298	0,7100
9-12	0,6394	0,1226	0,5081	0,9270	0,1226	0,3616	0,4456	0,0935	0,0634	0,9145	0,2436	0,2763
Tensão 10 kPa												
0-3	0,3070	0,2109	0,7326	0,3200	0,1857	0,7909	0,3973	0,6236	0,5846	0,3652	0,2497	0,8340

σ_p = Pressão de preconsolidação (kPa); I_c =Índice de compressão; I_r =Índice de relaxação; D_s =Densidade do solo (g/cm³); Ep=Exclusão pastejo; P1=Pastejo baixa intensidade; P2=Pastejo alta intensidade.

Tabela 4 – Significância estatística (probabilidade de erro tipo 1) do teste t pareado para a diferença de médias entre profundidades de um mesmo tratamento, em amostras equilibradas a 33 kPa.

Tratamento	σ_p	I_c	I_r	D_s
Exc (0-3 vs 9-12)	0,7282	0,0198	0,0010	0,0069
Past 1 (0-3 vs 9-12)	0,4722	0,1863	0,0265	0,0241
Past 2 (0-3 vs 9-12)	0,4068	0,0038	0,0362	0,0684

σ_p = Pressão de preconsolidação (kPa); I_c =Índice de compressão; I_r =Índice de relaxação; D_s =Densidade do solo (g/cm³); Exc=Exclusão pastejo; Past 1=Pastejo baixa intensidade; Past 2=Pastejo alta intensidade.