

INFLUÊNCIA DE SISTEMAS DE PREPARO E PASTEJO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO

MARCELO RESCHUTZEGGER GAGGERO¹, CARLOS RICARDO TREIN² E
GABRIELA IPPOLITI³

RESUMO - No Rio Grande do Sul, os sistemas integrados de agricultura e pecuária estão sendo adotados em extensas áreas que historicamente estavam submetidas ao binômio trigo-soja. Esta mudança na forma de exploração da terra origina uma nova condição que deve ser pesquisada para evitar efeitos indesejáveis no solo. Procurando determinar alterações nas propriedades físicas e mecânicas do solo, durante o ano agrícola 1996-1997, foi instalado um experimento com cultivo de milho em Argissolo vermelho-escuro, da Estação Experimental Agronômica - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), no Município Eldorado do Sul, em área que no inverno suportou pastagem de aveia preta e ervilhaca, sendo em parte submetida a pastejo. Além das características físicas (densidade, porosidade), utilizadas na caracterização do estado de compactação do solo, foi testada também a técnica do cisalhamento direto. Os tratamentos do preparo para a semeadura de milho, incluíram: sistema de semeadura direta, subsolagem e preparo convencional. Os tratamentos de manejo do gado foram: sem e com pastejo, sendo a carga utilizada de 730 kg ha⁻¹ dia⁻¹. Verificou-se que o pisoteio ocasionado no pastejo provocou mudanças nas propriedades físicas do solo exclusivamente na camada superficial (0-7,5cm). O teste de cisalhamento direto demonstrou ser sensível às mudanças impostas por pastejo e preparos até 15cm de profundidade.

Termos para indexação: compactação do solo, integração lavoura-pecuária, cisalhamento direto.

INFLUENCE OF SYSTEMS OF PREPARATION AND PASTEJO IN THE PHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE SOIL

ABSTRACT - In Rio Grande do Sul State (Brazil) areas that historically were cultivated with weath-soybean are nowadays changed to agricultural-grazing integrated systems. This change in the soil use must be research because unfavorable fisical soil properties could be developed in consequence. An experiment was carried out on a Rhodic Paleudult, in Eldorado do Sul, during the agricultural year of 1996-1997, to evaluate corn responses to soil tillage methods, in na area previously grazed. The soil compactness was evaluated by soil density, porosity and shear strenght measurements. Five different tillage methods were used: conventional tillage, no tillage, strip planting, subsoiling and chisel plowing. Cattle had access to half of the plots during 48 hours (730 kg ha⁻¹ day⁻¹wheigth). Grazing induced soil physical properties to change in the

Aceito para publicação em 24/11/2002.

⁽¹⁾ Dr. em Solos e Nutrição de Plantas. UNEMAT- Campus Alta Floresta. Rodovia MT-208 km 146, Caixa Postal 324, CEP 78.580-000. Alta Floresta-MT, e-mail: mgaggero@unemat.br.

⁽²⁾ Professor Adjunto de Mecanização Agrícola do Departamento de Solos, Faculdade de

Agronomia, UFRGS, Caixa Postal 776, CEP 90.001-970, Porto Alegre-RS.

⁽³⁾ M.Sc. em Sensoriamento Remoto. UNEMAT- Campus Alta Floresta. Rodovia MT-208 km 146, Caixa Postal 324, CEP 78.580-000. Alta Floresta-MT, e-mail: gippoliti@unemat.br.

upper layer only, in all tillage systems. Soil shear strength increased after grazing. It increased in the upper layer and in the underlying layer as well. The shear strength turned out to be more sensitive than bulk density and porosity in the evaluation of the effects on soil compactness.

Index Terms: soil compactness, agriculture-grazing systems, shear strength.

INTRODUÇÃO

A integração lavoura - pecuária está sendo adotada em certas áreas que há alguns anos estavam submetidas ao binômio trigo-soja. Esta mudança na forma de exploração da terra está provocando uma nova condição de trabalho que deve ser estudada para minorar efeitos indesejáveis. Este sistema representa uma alternativa para o problema da sazonalidade da produção do campo nativo, possibilitando a produção de pastagens no período hibernal, antecedendo culturas de verão, produtoras de grãos. Pela utilização racional dos fatores de produção, possibilita-se maior rentabilidade ao agricultor e desta forma, um uso mais eficiente do solo, promovendo uma maior reciclagem de nutrientes.

Pela carência ou escassa informação acerca dos problemas referentes à compactação do solo pelo tráfego de máquinas utilizadas na instalação de pastagens ou culturas, como pelo trânsito do gado no pastejo direto, foi realizada esta pesquisa visando os seguintes objetivos:

- * determinar as alterações das propriedades físicas e mecânicas do solo pela ação de pastejo e
- * comprovar a utilidade do teste de cisalhamento, na determinação do estado de compactação do solo.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As plantas requerem para seu crescimento e desenvolvimento, quantidades adequadas de elementos químicos, luz, oxigênio, dióxido de carbono, temperatura e água. A mudança na estrutura do solo por compactação ou pelo adensamento provocada pelas operações de manejo ou por fenômenos de natureza pedogênica, respectivamente, pode afetar os fatores citados, limitando o crescimento vegetal (Bowen et al., 1994). As condições do solo mais afetadas são aquelas que controlam o teor e transmissão de água, ar, calor e nutrientes, e

as que modificam a resistência mecânica do solo à penetração das raízes, fenômenos relacionados diretamente ao estado de compactação do solo (Harris, 1971).

Por compactação entende-se a compressão do solo não saturado, no qual acontece um aumento da densidade e redução do volume poroso. Um conceito mais prático a define como sendo uma diminuição do volume e classe de tamanho de poros, ocasionada pelo tráfego de animais ou máquinas, embora também tenha conseqüências na fase sólida. A estrutura do solo, quando analisada em escala diminuta, revela uma redução em tamanho e número de macroporos bem como mudanças na forma e continuidade dos poros. Em uma escala maior observam-se alterações no tipo de empacotamento dos agregados, o que afeta, por sua vez, características como: índice de vazios, porosidade total e densidade do solo. A alteração destas características pode determinar mudanças na condutividade interna, na permeabilidade e na difusão da água e do ar através do sistema poroso. Sobre a fase sólida ou matriz do solo, a compressão atua aumentando a coesão interna das partículas que passam a se agrupar mais compactamente (Carrasco, 1989). Na área da mecânica de solos, o processo de compactação é definido como a relação entre tensões ou esforços e deformações no volume de um corpo sólido, tendo importância as características do cisalhamento, em situações de cargas excessivas (Bekker, 1961).

Efeito do pastejo do gado

A produtividade e composição florística de uma pastagem podem sofrer alterações pelo pastejo por meio de defoliação, pisoteio, excreção, distribuição de sementes e pastejo seletivo (Blaser, 1966).

Dois aspectos requerem atenção no manejo animal sobre pastagens: a pressão de pastejo e a movimentação dos animais. A carga estática exercida pelos bovinos tem sido estimada por Watkin & Clements (1978) como variável entre 112 e 165 kPa e durante a movimentação do gado, esta se multiplica, sendo consideravelmente maior segundo como seja efetuada.

Tanner & Mamaril (1959) afirmaram que o pisoteio do gado na ação do pastejo, da mesma forma que o tráfego de máquinas, pode ocasionar compactação, quando acontece em condições de solo excessivamente úmido, ou em solo que tenha atingido o estado plástico. Uma das primeiras constatações do efeito do pisoteio, sobre as propriedades físicas do solo

foram feitas por Keen & Cashen (1932), que acharam decréscimos na penetrabilidade do solo após trânsito de animais, até a profundidade de 3,5cm. Tanner & Mamaril (1959) encontraram diferenças significativas na porosidade, e densidade do solo, nos primeiros 8cm de profundidade; enquanto na resistência à penetração houve diferenças até os 20cm de profundidade e no rendimento das pastagens de alfafa submetidas a pastejo direto quando comparadas às sem pastejo.

Resistência ao cisalhamento direto

A propriedade mecânica do solo de resistência ao cisalhamento direto é um elemento importante para caracterizar o estado de compactação do solo. Neste teste, as forças atuantes na mesma se expressam na Figura 1, sendo a equação que rege o fenômeno a seguinte:

$$\tau = C + \sigma . tg \phi$$

onde:

τ = tensão de cisalhamento (kPa)

C = coesão (kPa)

σ = tensão normal efetiva (kPa)

ϕ = ângulo de atrito interno (°)

A curva de resistência ao cisalhamento, em termos práticos, normalmente permite identificar a resistência dos agregados e a resistência da massa de solo. A primeira está determinada pelos fenômenos de coesão molecular, enquanto que a resistência da massa do solo depende da coesão superficial e do atrito entre partículas. O conteúdo de umidade nas características do cisalhamento é muito importante, principalmente no caso de solos com teor de argila elevado, onde tanto a coesão superficial como a molecular são afetadas (Ashburner & Sims, 1984).

O ângulo de atrito interno para os corpos sólidos, é caracterizado como sendo a força tangencial necessária para vencer o atrito entre dois corpos, independente da área de contato aparente entre elas, e proporcional à força normal sobre os mesmos. Esta força oposta ao deslocamento das partículas é constituída por uma mistura de pressões de

escorregamento e de rolamento entre grãos. Por coesão entende-se a resistência que apresenta um solo ao cisalhamento, quando nele não existe pressão externa alguma.

MATERIAL E MÉTODOS

O solo utilizado é classificado como Podzólico vermelho-escuro de origem granítica, textura do horizonte superficial franco argilosa cascalhenta; o relevo é ondulado (Brasil, 1973), correspondendo na Classificação de Solos Americana a Rhodic Paleudult (USDA, 1994), e no Sistema de Classificação Brasileiro atualmente vigente a Argissolo vermelho-escuro (Embrapa, 1999).

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas para o sistema de preparo de solo e sub-blocos para os sistemas de pastejo. Foram utilizadas três repetições por tratamento.

As parcelas principais, cada uma com dimensões de 7 por 20m, foram constituídas por três métodos de preparo de solo e semeadura.

a) preparo convencional: consistiu de um preparo de solo per meio de arado de 3 discos de 28" de diâmetro, na profundidade de 20cm; seguida de duas gradagens com grade leve, em tandem, com 26 discos de 18";

b) semeadura direta: foi usado somente uma semeadora dotada de sistema de disco cortador de resteva com guilhotina (para adubo), e sulcador com duplo disco de corte (para semente), na profundidade de 2,5cm,

c) subsolagem: foi utilizado um subsolador de 4 hastes espaçadas 0,70m entre si, trabalhando a 35cm de profundidade.

Os sub-blocos foram constituídos por áreas de 10 por 35m, com tratamentos diferenciados de uso da pastagem de inverno (aveia e ervilhaca), consistindo em sub-parcelas de 7m por 10m: sem pastejo e com pastejo.

Procedimento experimental

Na área foi semeada uma mistura forrageira de aveia (*Aveia strigosa* Schreb.) e ervilhaca (*Vicia sativa* L.), estabelecida por semeadura direta em maio de 1996. Oitenta dias após a semeadura foram demarcados os blocos (de 20m por 35m), tendo sido a metade de cada bloco submetida a pastejo direto por gado bovino (carga animal: 730 kg.ha⁻¹ dia⁻¹).

Em início de outubro de 1996 toda a área foi dessecada, e “rolada” (passagem de rolo-faca), e aplicaram-se 2000 kg.ha⁻¹ de calcário. Após, foram efetuados os diversos preparos do solo e semeadura de milho Pioneer 6872, em linhas espaçadas 0,70m. A população almejada foi de 70.000 plantas.ha⁻¹, sendo colhido em março de 1997.

Determinações:

a) Densidade do solo: foi determinada pelo método do anel, descrito por Forsythe (1975), relacionando a massa de solo seca a 105°C a um volume conhecido do anel de extração. O anel utilizado apresentava um diâmetro interno de 8,5cm e 5cm de altura, sendo três as profundidades amostradas: 0-7,5cm; 7,5-15cm e 15-25cm. Os resultados foram expressos em g.cm⁻³.

b) Porosidade total, macroporosidade e microporosidade: a microporosidade foi determinada pela sucção exercida por uma coluna de 0,6m de água sobre um volume conhecido de solo; onde a umidade remanescente ocupa os microporos do solo. Para isto se utilizou o funil de Haynes (Kiehl, 1979). A porosidade total foi determinada pela fórmula:

$$\alpha = 1 - \frac{\rho}{\rho_s}$$

onde:

α =porosidade total (%)

ρ =densidade do solo (g.cm⁻³)

ρ_s = densidade dos sólidos (g.cm⁻³)

Assumiu-se como densidade de partículas o valor de 2,65 g.cm⁻³. A macroporosidade foi estabelecida por diferença entre porosidade total e microporosidade. As profundidades de coleta das amostras foram três: de 0-7,5cm; de 7,5-15cm e de 15-25cm. As amostras para caracterização de propriedades físicas (densidade, macro, micro e porosidade total) foram retiradas antes e após o pastejo. Os resultados foram expressos em cm³.cm⁻³.

c) Resistência ao cisalhamento direto: foi determinada em amostras indeformadas retiradas ao acaso, segundo o método de Lambe (1951), mediante análise em caixa de cisalhamento direto da Soiltest. As amostras foram retiradas à profundidade de 15cm, nas parcelas correspondentes com preparos: convencional, subsolagem e sistema de semeadura direta. No teste de cisalhamento foram usadas pesos de 1, 2, 4, 8 e 12 kgf, correspondentes às pressões normais de: 34,68; 69,37; 138,74; 277,48 e 419,22 kPa

respectivamente, com tempo de 15 minutos de assentamento por amostra. A velocidade utilizada foi de $0,3 \text{ mm.min}^{-1}$. A umidade foi padronizada na tensão de -200 kPa . Para cada parcela, foram feitas três repetições. A partir das curvas de tensão-deformação para cada carga normal, se ajustaram curvas de regressão, segundo método descrito por Lambe (1951) para, desta forma, determinar a coesão, o ângulo de atrito interno e a tensão cisalhante do solo e dos agregados. As amostras para medição de cisalhamento direto foram retiradas logo após a colheita, na área que não tinha sido pastejada na primeira oportunidade. A área, com resteva de milho, foi submetida a novo pastejo de iguais características do primeiro, e retiradas novas amostras para verificar a influência do pisoteio nos testes de cisalhamento. Os resultados foram expressos em kPa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito do pisoteio sobre o solo está sumarizado na Tabela 1. Na mesma, observam-se alterações significativas na densidade, porosidade total, macroporosidade e índice de vazios, alterações estas somente detectadas na camada superficial (0-7,5cm).

A densidade desta camada sofreu um aumento de 15%, quando afetada pelo pisoteio. As diferenças para os distintos tamanhos de poros ocorreram ao nível da macroporosidade, decrescendo em torno do 38%. Na microporosidade não foi observada diferença. Estes resultados estão de acordo com diversas pesquisas (Vomocil & Flocker, 1961; Silva, 1980) que mostraram o colapso da macroporosidade e aumento da densidade do solo, como sinais mais evidentes do processo de compactação.

Comparativamente, Silva et al. (1997) encontraram diferenças significativas nos valores de densidade do solo nas profundidades de 5 a 10cm e de 10 a 15cm, quando compararam sistemas de preparo convencional e sistema de semeadura direta, em solo Podzólico vermelho-amarelo de textura franca. O mesmo foi registrado após 45 dias da semeadura e não refletiu diferenças originadas no manejo anterior de gado na área.

Tabela 1. Influência do pisoteio do gado nas características físicas, em três profundidades (média de três repetições).

Características físicas	Profundidade (cm)	Sem Pastejo	Com Pastejo
Densidade (g cm^{-3})	0 - 7,5	1,51 a	1,73 b
	7,5 - 15	1,76 a	1,79 a
	15 - 25	1,74 a	1,73 a
Umidade gravimétrica (g g^{-1})	0 - 7,5	0,21 a	0,17 a
	7,5 - 15	0,14 a	0,15 a
	15 - 25	0,15 a	0,16 a
Microporosidade ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	0 - 7,5	0,31 a	0,30 a
	7,5 - 15	0,25 a	0,27 a
	15 - 25	0,26 a	0,26 a
Macroporosidade ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	0 - 7,5	0,12 a	0,04 b
	7,5 - 15	0,09 a	0,05 a
	15 - 25	0,08 a	0,08 a
Porosidade Total ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	0 - 7,5	0,43 a	0,34 b
	7,5 - 15	0,34 a	0,32 a
	15 - 25	0,34 a	0,34 a

Médias seguidas de letras iguais nas linhas, não diferem entre si pelo Teste de Duncan, à 5%.

Alderfer & Robinson (1947) estimaram a profundidade para a qual o solo se compacta, quando submetido a pisoteio animal, como variável entre 2 e 12cm. Já, Keen & Cashen (1932) comprovaram por meio da medida da resistência à penetração, influência até 3,5cm de profundidade apenas. Ambos resultados são coincidentes com os obtidos nesta pesquisa.

Udhe (1991) em Podzólico vermelho-escuro, com dois pastejos instantâneos de 400 e 360 bovinos respectivamente, não obteve diferenças significativas nos atributos densidade e porosidade. Não obstante, registrou diminuições na taxa de infiltração de água, por efeito do pastejo. Entretanto Trein (1988), sob iguais condições às descritas

anteriormente, detectou mudanças significativas pela ação do pastejo, com aumentos na densidade e microporosidade e diminuição da macroporosidade e na taxa de infiltração de água. Estes últimos resultados são em parte coincidentes aos obtidos, no que diz respeito à mudança do volume de macroporos.

Em resumo, observou-se que houve efeito do pisoteio animal sobre características físicas do solo na camada superficial, influência esta não detectada pelas técnicas citadas, nas camadas profundas.

As Figuras 1, 2 e 3 expressam as curvas de cisalhamento direto do solo, em função das cargas aplicadas para os tratamentos de preparo de solo e sub-tratamentos de pastejo.

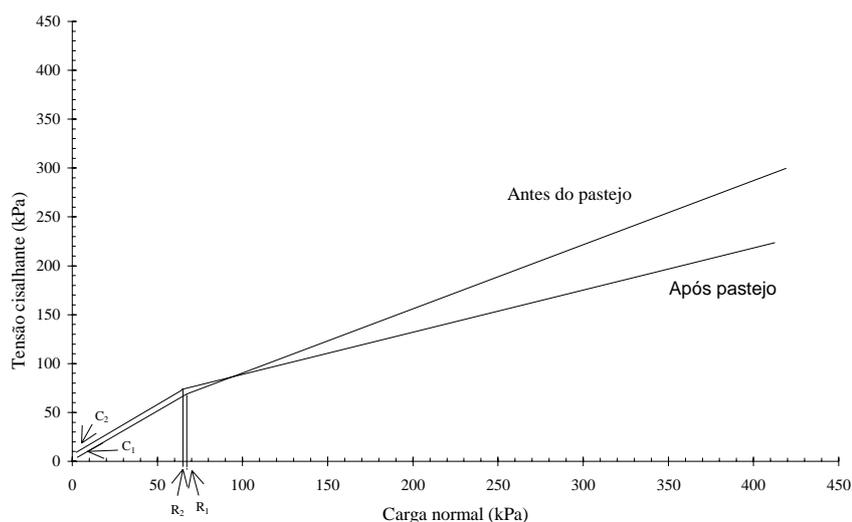


Figura 1. Representação dos parâmetros de coesão dos agregados antes do pastejo (C_1) e após pastejo (C_2) e a resistência dos agregados à ruptura antes do pastejo (R_1) e após pastejo (R_2), no preparo convencional. Tensão de umidade: -200 kPa.

As variações registradas nos valores de resistência ao cisalhamento (ângulo de atrito interno e coesão, Tabelas 2 e 3) demonstraram que o pisoteio exerce uma influência que pode ainda ser detectada a 15 cm de profundidade. Estas diferenças foram verificadas em todas as parcelas independentemente do tipo de preparo do solo.

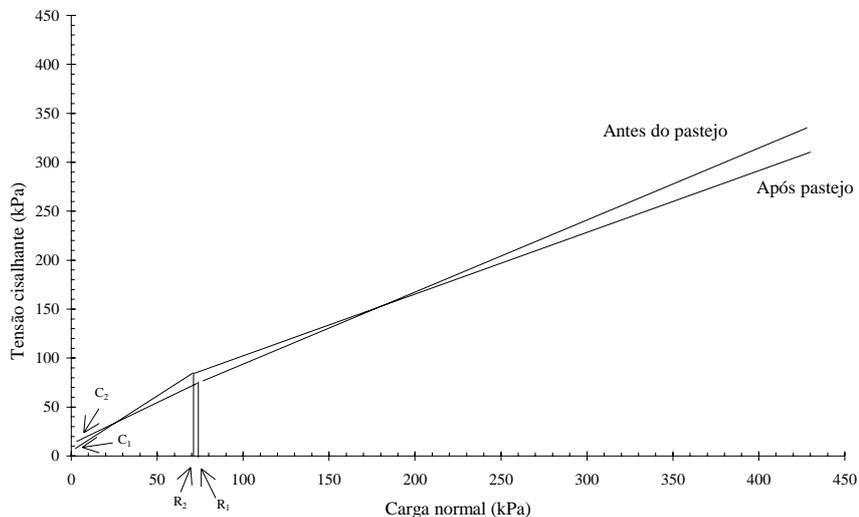


Figura 2. Representação dos parâmetros de coesão dos agregados antes do pastejo (C_1) e após pastejo (C_2) e a resistência dos agregados à ruptura antes do pastejo (R_1) e após pastejo (R_2), no sistema de semeadura direta. Tensão de umidade: -200 kPa.

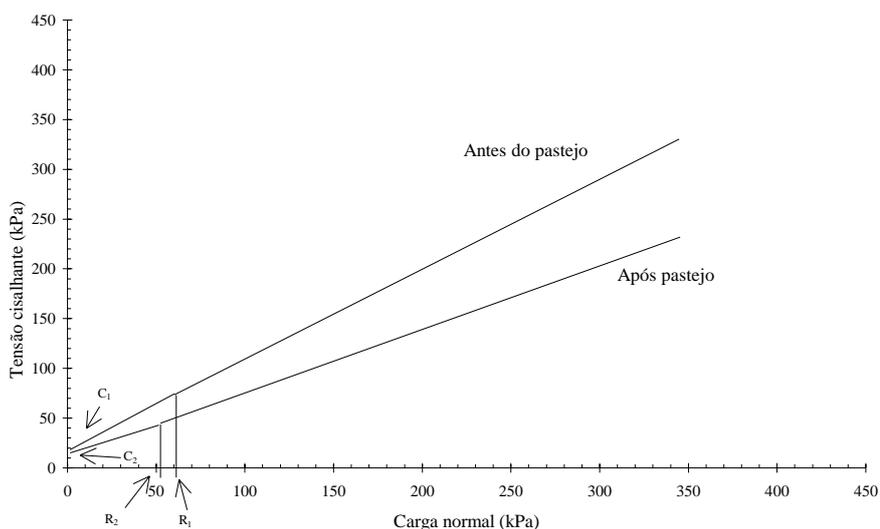


Figura 3. Representação dos parâmetros de coesão dos agregados antes do pastejo (C_1) e após pastejo (C_2) e a resistência dos agregados à ruptura antes do pastejo (R_1) e após pastejo (R_2), no tratamento de subsolagem. Tensão de umidade: -200 kPa.

A medida desta variação permitiu definir o mérito dos testes de cisalhamento direto, que conseguiram caracterizar os estados de compactação, com importante grau de sensibilidade. Por meio dos mesmos foi detectada a ação do pisoteio do gado em uma profundidade (15cm), onde outras características (densidade, porosidade) não conseguiram detectar diferenças.

Tabela 2. Valores médios de ângulos de atrito interno ($^{\circ}$), em solo e agregados, nos tratamentos de preparo e pastejo.

	Ângulo de atrito interno	
	Antes do pastejo	Após o pastejo

Agregados		
PC	44°28' aA	45°19' aA
SSD	37°07' aA	44°28' aA
Subsolagem	45°18' aA	36°29' aA
Solo		
PC	32°34' aA	23°01' aB
SSD	32°47' aA	28°17' aA
Subsolagem	36°24' aA	27°42' aB

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo Teste de Duncan à 5 % de significância.

Na Tabela 2 pode ser observado que os ângulos de atrito interno, não tiveram diferenças significativas antes e após pastejo, nos agregados; entretanto, no solo, foram significativamente menores após pastejo, nos tratamentos de preparo convencional e subsolagem. Quando se comparam os dados obtidos com os de Carpenedo et al. (1995), se observa diferença mínima nos sistemas de semeadura direta e preparo convencional. Ashburner & Sims (1984) afirmaram que independentemente da classe textural este ângulo diminui quando o solo passa de compacto a solto e de friável a plástico. Para solos compostos

por areias com partículas medias, os ângulos de atrito interno teriam valores de 38° a 40° quando compactado, e 32° a 35°, quando desagregado.

Os valores de coesão do solo antes e após pastejo aumentam de forma significativa no preparo convencional e no sistema de semeadura direta (Tabela 3 e Figura 4). Na área subsolada não foram observadas diferenças nesta característica do solo, atribuíveis ao pastejo.

Tabela 3. Valores médios de coesão, em solo e agregados, nos tratamentos de preparo e pastejo.

	Coesão	
	Antes do pastejo	Após o pastejo
	----- kPa -----	
Agregados		
PC	10,77 aA	17,22 aA
SSD	19,91 bA	14,00 aA
Subsolagem	14,01 aA	21,91 aA
Solo		
PC	31,96 aA	54,61 aB
SSD	23,18 bA	39,92 bB
Subsolagem	32,73 aA	32,35 bA

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo Teste de Duncan à 5 % de significância.

A resistência ao cisalhamento direto, pode ser expressa pelas seguintes equações de ajuste.

Antes do pastejo:

Preparo Convencional	$\tau = 31,96 + 0,6333 \cdot \sigma$	$R^2 = 0,9931$
Sistema Semeadura Direta	$\tau = 23,18 + 0,6365 \cdot \sigma$	$R^2 = 0,9957$
Subsolagem	$\tau = 32,73 + 0,7331 \cdot \sigma$	$R^2 = 0,9967$

Após pastejo:

Preparo Convencional	$\tau = 54,61 + 0,41656 \cdot \sigma$	$R^2 = 0,9903$
Sistema Semeadura Direta	$\tau = 39,92 + 0,5356 \cdot \sigma$	$R^2 = 0,9953$
Subsolagem	$\tau = 32,35 + 0,5188 \cdot \sigma$	$R^2 = 0,9957$

onde:

τ = resistência ao cisalhamento (kPa)

σ = carga normal (kPa).

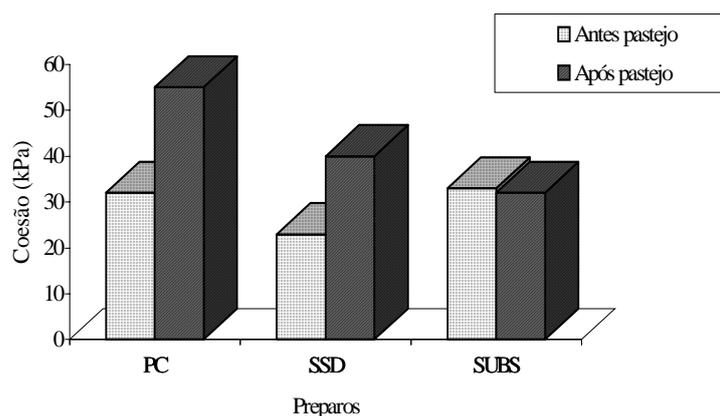


Figura 4. Variações na coesão do solo antes e após pastejo, para os tratamentos de preparo de solo. PC: preparo convencional; SSD: sistema de semeadura direta; SUBS: subsolagem.

Em geral, houve aumento na resistência ao cisalhamento, quando se comparou o solo antes e após pastejo. Registraram-se aumentos de 69% no preparo convencional e 67% no sistema de semeadura direta aos 15cm de profundidade, quando comparados antes e após pastejo, respectivamente. Na área subsolada, não foram registradas alterações entre antes e após pastejo.

CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o presente trabalho, pode-se concluir que o pisoteio do gado afetou as propriedades físicas e mecânicas do solo, evidenciadas por meio das seguintes propriedades:

- * densidade e porosidade, que foram afetadas nos 7,5cm superficiais do solo;
- * teste de cisalhamento direto, que apresentou maior sensibilidade quando comparado com outras características físicas, e permitiu evidenciar efeitos da compactação até os 15cm de profundidade.

REFERÊNCIAS

- ALDERFER, R.B. & ROBINSON, R.R.. Runoff from pastures in relation to grazing intensity and soils compaction. **Journal of American Society of Agronomy**, v.39, n.5, p.948-957, 1947.
- ASHBURNER, J. & SIMS, B. **Elementos de diseño del tractor y herramientas de labranza**. San José: IICA, 1984. 473 p.
- BEKKER, M.G. Mechanical properties of soil and problems of compaction. **Transactions of ASAE**, v.4, n.3, p.231-234, 1961.
- BLASER, R.E. Efecto del animal sobre la pastura. In: PALADINES, O.L. (ed.) **Empleo de animales en las investigaciones sobre pasturas**. Montevideo: IICA, 1966. p.1-29.
- BOWEN, H.D.; GARNER, T.H. & VAUNGHN, D.H. 1994. Advances in Soil-Plant Dynamics. In: UPADHYAYA, S.K.; CHANCELLOR, W.J.; PERUMPRAL, J.V. et al. (eds.) **Advances in Soil Dynamics**. St. Joseph: ASAE, 1994. p.257-280.
- BRASIL. Ministerio de Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisas Pedológicas. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. (Boletim Técnico, 30).
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J.; REINERT, D..J. et al. Índice de compressibilidade de três solos no Rio Grande do Sul sob diferentes sistemas de manejo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. **Anais...** Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995, v.1, p.119-121.

- CARRASCO, P.J. **Efeito da compactação sobre as propriedades físicas do solo, crescimento e rendimento do girassol.** Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1989. 107p. (Dissertação Mestrado).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: EMBRAPA, 1999. 412p.
- FORSYTHE, W.M. **Física de suelos: manual de laboratorio.** San José: IICA, 1975. 212 p.
- HARRIS, W.L. Methods of measuring soil compaction. In: BARNES, K.K.; CARLETON, W.M.; TAYLOR, H.M. et al.(eds.) **Compaction of Agricultural soils.** St. Joseph: ASAE, 1971. p.9-47.
- KEEN, B.A. & CASHEN, G.H. Studies in soil cultivation.VI. The physical effect of sheep folding on the soil. **Journal Agricultural Science**, v.22, n.3, p.126-134, 1932.
- KIEHL, E.J. **Manual de Edafologia: relações solo-planta.** São Paulo: Ceres, 1979. 263 p.
- LAMBE, T.W. **Soil Testing for Engineers.** 2 ed. New York: J. Wiley, 1951. 165 p.
- SILVA, I.D.F. **Efeitos de sistemas de manejo e tempo de cultivo sobre propriedades físicas de um latossolo.** Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1980. 70p. (Dissertação Mestrado).
- SILVA, V.R.; REINERT, D.J., REICHERT, J.M. et al.. Estado de compactação e sistema radicular do milho induzidos por pastejo e preparo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. **Anais.** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. v.2, p.1453-1466.
- TANNER, C.B. & MAMARIL, C.P. Pasture soil compaction by traffic animal. **Agronomy Journal**, v.51, n.4, p.329-331, 1959.
- TREIN, C.R. 1988. **Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo, na rotação aveia + trevo/ milho, após pastejo intensivo.** Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1988. 109p. (Dissertação Mestrado).
- UDHE, L.T. **Comportamento da sucessão trevo / milho, em área com e sem pastejo intensivo sob diferentes métodos de preparo de solo.** Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1991. 167p. (Dissertação Mestrado).
- USDA. **Soil Survey Staff. Keys to Soil Taxonomy.** 6. ed. Washington: USDA, 1994, 306 p.
- VOMOCIL, J.A. & FLOCKER, W.J. Effect of soil compaction on storage and movement of soil and water. **Transactions of ASAE**, v.4, n.3, p.242-246, 1961.

WATKIN, B.R. & CLEMENTS, R.J. The effects of grazing animals on pastures. In:
WILSON, J.R. (ed.) **Plant relations in pastures**. Melbourne: CSIRO, 1978. p.273-289.

★★★★★