

Propriedades físicas em Cambissolo Háplico manejado sob o sistema integração lavoura-pecuária¹

Physical properties of a Haplic Cambissol subjected to integrated crop-livestock system

Alvadi Antonio Balbinot Junior², Anibal de Moraes³, Adelino Pelissari³, Milton da Veiga⁴, Jeferson Dieckow⁵, Cristiano Nunes Nesi⁶

Recebido em 06/06/2008; aprovado em 03/04/2009.

RESUMO

A presença de animais em áreas cultivadas sob o sistema integração lavoura-pecuária pode ocasionar compactação superficial do solo devido ao pisoteio. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de pastagem anual de inverno, sob o sistema integração lavoura-pecuária, e de outras formas de uso do solo no inverno na compactação do solo. Foi conduzido um experimento em três locais, de maio de 2006 a fevereiro de 2007, na região do Planalto Norte de Santa Catarina. Foram avaliados cinco tratamentos de inverno: 1) consórcio de aveia preta + azevém + ervilhaca + trevo vesiculoso manejado sem pastejo e sem adubação nitrogenada (consórcio cobertura); 2) o mesmo consórcio, com pastejo e com 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura (pastagem com N); 3) o mesmo consórcio, com pastejo e sem adubação nitrogenada (pastagem sem N); 4) nabo forrageiro, sem pastejo e sem adubação nitrogenada (nabo forrageiro); e 5) pousio, sem pastejo e sem adubação nitrogenada (pousio). Amostras de solo com estrutura preservada foram coletadas nas camadas de 2 a 7 cm e de 10 a 15 cm, na implantação do experimento (maio de 2006), na semeadura do milho cultivado em sucessão (novembro de 2006) e próximo à maturação fisiológica do milho (fevereiro de 2007). Nestas amostras determinaram-se a porosidade total, a

densidade do solo e a resistência do solo à penetração. Sob as condições de ambiente e de manejo da pesquisa, não houve diferença entre a presença de bovinos em pastagem anual de inverno, o cultivo de coberturas inverniais e o pousio para as variáveis relacionadas à compactação do solo.

PALAVRAS-CHAVE: compactação do solo, uso do solo no inverno, densidade do solo, plantio direto.

SUMMARY

Animal trampling is one of the major causes of soil compaction in areas subjected to integrated crop-livestock system. The objective of this work was to evaluate the effect of winter annual pasture grazing, in crop-livestock system, and other winter soil uses on soil compaction. The experiment was carried out from May 2006 to February 2007 at three sites of the North Plateau of Santa Catarina State, Brazil. Five winter treatments were investigated on each site: 1) intercropping with black oat + ryegrass + vetch + arrow leaf clover without grazing and nitrogen fertilization (multicropping cover); 2) the same intercropping, with grazing and 100 kg ha⁻¹ of nitrogen, (grazing with N); 3) the same intercropping, with grazing and without nitrogen fertilization (grazing without N); 4) oil seed radish, without grazing and

¹Trabalho parcialmente financiado pelo Projeto Microbacias II, Componente Pesquisas e Estudos.

² Eng. Agr., Dr., Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), Estação Experimental de Canoinhas, BR 280, km 219,5, CP 216, CEP 89460-000. E-mail: balbinot@epagri.sc.gov.br.

³ Eng. Agr., Dr., Professor da UFPR, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo. E-mail: anibalm@ufpr.br; linopeli@hotmail.com.

⁴ Eng. Agr., Dr., Pesquisador da Epagri, Estação Experimental de Campos Novos. E-mail: milveiga@epagri.sc.gov.br.

⁵ Eng. Agr., Dr., Professor da UFPR, Departamento de Solos. E-mail: jefersondieckow@ufpr.br.

⁶ Eng. Agr., MSc., Pesquisador da Epagri, Centro de Pesquisa para a Agricultura Familiar. E-mail: cristiano@epagri.sc.gov.br.

nitrogen fertilization (oil seed radish); and 5) natural vegetation, without grazing and nitrogen fertilization (fallow). Undisturbed cores were collected from the layers 2 to 7 cm and 10 to 15 cm, at three times: experiments implantation (May 2006), at maize sowing in succession of winter soil use (November 2006) and close to maize physiological maturity (February 2007). Soil total porosity, bulk density and soil resistance to penetration were evaluated in these samples. According to the environmental and management conditions, as well as the time of experimentation, the livestock presence in winter pastures, winter cover crops and fallow did not affect the variables related to soil compaction.

KEY WORDS: soil compaction, winter soil use, bulk density, no tillage system.

INTRODUÇÃO

Na região Sul do Brasil, o cultivo de pastagens anuais de inverno sob o sistema integração lavoura-pecuária é uma alternativa de uso do solo no período de maio a outubro. É um sistema de produção com alternância de pastagens e outras culturas de interesse econômico, principalmente grãos, ao longo do tempo, o qual pode proporcionar vantagens financeiras e biológicas em relação a outros sistemas de produção (NICOLOSO et al., 2006).

O sistema integração lavoura-pecuária constitui estratégia promissora para desenvolver sistemas de produção menos intensivos no uso de insumos e mais sustentáveis no tempo (ENTZ et al., 2002; ASSMANN et al., 2003; RAO et al., 2003). O aumento de produtividade de culturas agrícolas, muitas vezes constatado sob sistema integração lavoura-pecuária, deve-se, em grande parte, à melhoria da qualidade do solo, além da redução de incidência de pragas e doenças (ENTZ et al., 2002). Quando manejado adequadamente, a renda líquida obtida por área é maior do que a obtida em sistemas que utilizam somente grãos ou somente pecuária (FONTANELI et al., 2000).

Por outro lado, a presença de animais em áreas cultivadas pode compactar o solo, especialmente na camada superficial (MAPFUMO et al., 1999). Segundo Trein et al. (1991) uma das principais causas

de degradação em áreas cultivadas é a compactação do solo, causada pelo intenso tráfego de máquinas e pelo pisoteio animal em áreas manejadas sob integração lavoura-pecuária e sistema plantio direto. Em solos argilosos, o pisoteio animal pode compactar a camada superficial e restringir o crescimento de raízes e a produtividade de culturas (ALBUQUERQUE et al., 2001). A superficialidade de ação do pisoteio sobre a compactação ocorre porque a profundidade de efeito de uma pressão aplicada na superfície do solo é proporcional a sua área de contato (SOEHNE, 1958). Todavia, em solo com textura franca, o pisoteio não afetou significativamente a compactação do solo (SILVA et al., 2000).

A compactação do solo reduz a aeração e a infiltração de água e aumenta a resistência do solo à penetração de raízes (WAGGER e DENTON, 1989). Esses processos podem reduzir significativamente a produtividade de culturas, já que afetam a disponibilidade de oxigênio, água e nutrientes. Devido à grande utilização do sistema plantio direto e a necessidade de melhorar a utilização do solo por meio da integração lavoura-pecuária há necessidade de pesquisas que visem avaliar os efeitos da presença de bovinos sobre propriedades físicas do solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de pastagem anual de inverno, sob o sistema integração lavoura-pecuária, e de outras formas de uso do solo no inverno sobre variáveis relacionadas à compactação do solo (porosidade total, densidade do solo e resistência do solo à penetração), em curto prazo e em três locais.

MATERIALE MÉTODOS

O experimento foi conduzido em propriedades rurais privadas, entre os meses de maio de 2006 e fevereiro de 2007, na região do Planalto Norte de Santa Catarina. Um no município de Canoinhas (local 1: longitude 50°28' W; latitude 26°07' S e altitude de 780 m) e dois no município de Major Vieira (local 2: longitude 50°18' W; latitude 26°27' S e altitude de 791 m e local 3: longitude 50°24' W; latitude 26°29' S e altitude de 822 m). O clima da região é úmido com verões amenos, do tipo Cfb, segundo a classificação de Köppen (PANDOLFO

et al., 2002). O solo dos três locais foi classificado como Cambissolo Háplico (EMBRAPA, 1998) e algumas de suas características, por ocasião da instalação do experimento, são apresentadas na Tabela 1.

Antes da instalação do experimento, as áreas vinham sendo manejadas sob o sistema integração lavoura-pecuária em plantio direto por cinco anos, com uso de pastagens anuais de inverno, formadas com aveia preta (*Avena strigosa*) e/ou azevém (*Lolium multiflorum*). Na safra estival 2005/2006 havia sido cultivada soja (*Glycine max*) no local 1, milheto (*Pennisetum americanum*) no local 2 e milho (*Zea mays*) para silagem de planta inteira no local 3.

Nos três locais o delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados com três repetições. Foram avaliados cinco tratamentos no inverno: 1) consórcio de aveia preta + azevém + ervilhaca (*Vicia villosa*) + trevo vesiculoso (*Trifolium vesiculosum*) manejado sem pastejo e sem adubação nitrogenada (consórcio cobertura); 2) o mesmo consórcio, com pastejo e com 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura (pastagem com N); 3) o

mesmo consórcio, com pastejo e sem adubação nitrogenada (pastagem sem N); 4) nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), sem pastejo e sem adubação nitrogenada (nabo forrageiro) e 5) pousio, sem pastejo e sem adubação nitrogenada (pousio).

Cada parcela tinha área total de 64 m² (8 x 8 m). Nos três locais foram instalados pluviômetros para medida da precipitação pluvial (Figura 1).

As culturas de inverno foram implantadas nos dias 22/05/2006 (locais 2 e 3) e 24/05/2006 (local 1). As quantidades de sementes utilizadas no consórcio foram 40 kg ha⁻¹ de aveia preta + 30 kg ha⁻¹ de azevém + 30 kg ha⁻¹ de ervilhaca + 8 kg ha⁻¹ de trevo vesiculoso e, no tratamento com nabo forrageiro, 20 kg ha⁻¹. As sementes de trevo vesiculoso foram escurificadas mecanicamente, inoculadas com *Rhizobium leguminosarum* bv. trifolii, peletizadas e semeadas a lanço. Em seguida, as demais espécies foram semeadas em espaçamento entre fileiras de 17 cm e profundidade de aproximadamente 4 cm, utilizando-se semeadora múltipla para plantio direto equipada com discos.

No dia 28/06/2006, quando a aveia preta

Tabela 1 - Características do solo na camada de 0 a 10 cm, no momento da implantação do experimento (maio de 2006).

Características	Locais ¹		
	1	2	3
Argila (g kg ⁻¹)	546	525	499
Silte (g kg ⁻¹)	408	398	442
Areia (g kg ⁻¹)	46	77	59
M.O. (%)	5,1	5,2	6,1
pH água 1:1	5,9	5,6	5,2
pH SMP	6,0	5,6	5,3
P (mg dm ⁻³)	4,5	8,0	11,4
K (mg dm ⁻³)	68	137	125
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,1	0,1	0,7
Ca (cmol _c dm ⁻³)	7,8	11,1	8,7
Mg (cmol _c DM ⁻³)	5,0	6,1	4,9
CTC (cmol _c DM ⁻³)	17,7	25,2	24,2
V (%)	72	70	58
Fe (mg dm ⁻³)	0,4	0,4	0,4
Zn (mg dm ⁻³)	2,4	1,0	1,1
Mn (mg dm ⁻³)	2,0	2,5	4,6
B (mg dm ⁻³)	0,1	0,1	0,1
Cu (mg dm ⁻³)	0,7	0,4	0,5

¹ Local 1: Canoinhas, SC; Locais 2 e 3: Major Vieira, SC

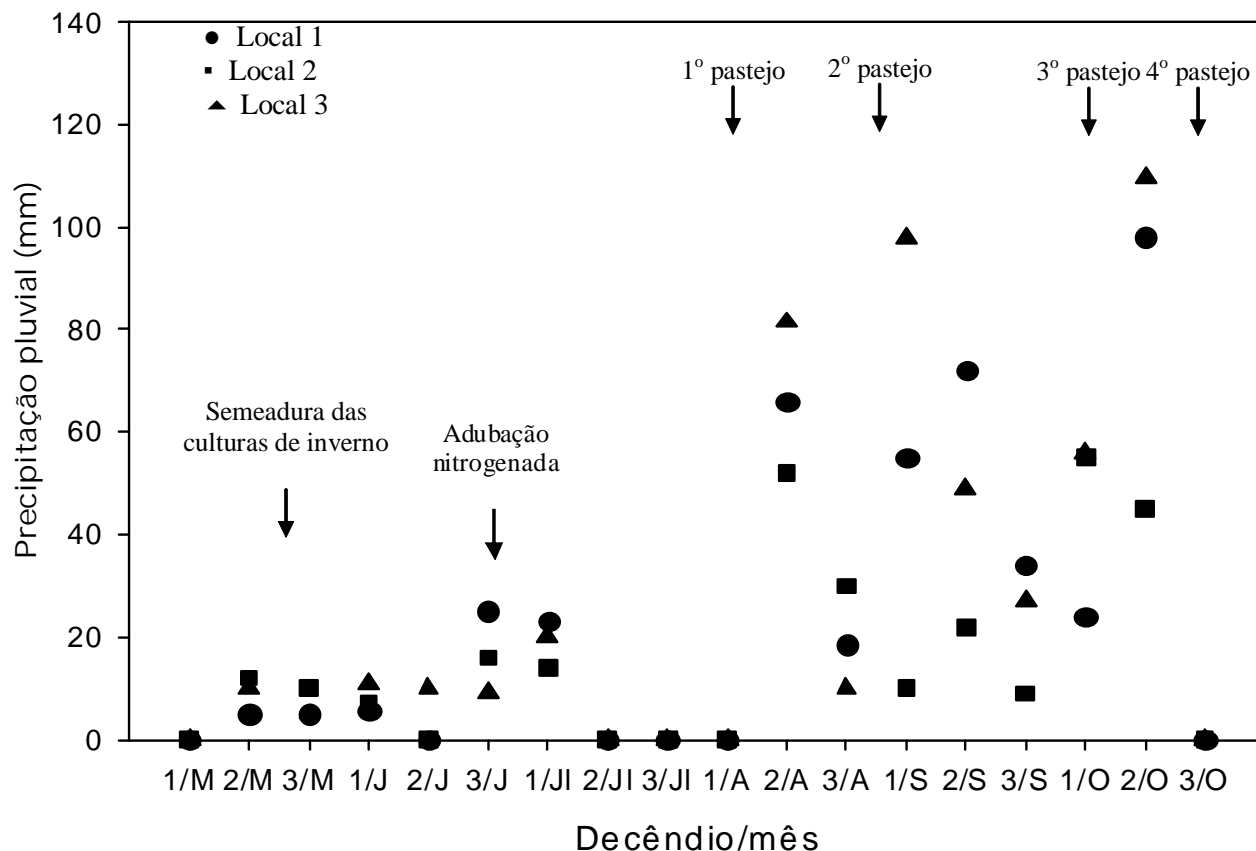


Figura 1 - Precipitação pluviométrica entre o primeiro decêndio de maio e o terceiro decêndio de outubro de 2006, em experimento conduzido em três locais do Planalto Norte Catarinense (M=maio, J=junho e julho, A=agosto, S=setembro e O=outubro).

apresentava em média dois afilhos, realizou-se adubação nitrogenada no tratamento pastagem com N. A dose aplicada foi de 100 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia, aplicada a lanço.

Para realizar o pastejo nos tratamentos 2 e 3, utilizaram-se duas vacas em lactação por parcela, agrupadas de modo que as unidades experimentais recebessem peso animal similar. As vacas utilizadas no local 1 eram da raça Jersey (peso de 400 a 450 kg cada), enquanto nos locais 2 e 3 eram da raça Holandesa (peso de 500 a 650 kg cada). O critério utilizado para determinar os momentos de entrada e de saída dos animais foi a altura da pastagem. Os animais entraram nas parcelas quando a altura média era de 25 a 30 cm e saíram quando a pastagem apresentava altura média de 10 cm. As parcelas com pastejo foram separadas das demais com cerca eletrificada.

Durante o ciclo de desenvolvimento da

pastagem, foram promovidos quatro pastejos. O primeiro ocorreu nos dias 01/08/2006 (local 1) e 02/08/2006 (locais 2 e 3), com duração de 30 a 40 minutos. O segundo pastejo ocorreu nos dias 30/08/2006 (local 1) e 05/09/2006 (locais 2 e 3), com duração de quatro a cinco horas. O terceiro pastejo ocorreu nos dias 03/10/2006 (local 1) e 05/10/2006 (locais 2 e 3), com tempo de duração de cinco a seis horas. O quarto pastejo ocorreu nos dias 23/10/2006 (locais 1 e 3) e 25/10/2006 (local 2), com duração de cinco a seis horas.

No dia 31/10/2006 realizou-se a dessecação das plantas contidas em todos os tratamentos, por meio da aplicação de glyphosate (1.440 g i.a. ha⁻¹) e óleo mineral (1,5 L ha⁻¹). O milho, cultivar Dekalb 214, foi semeado nos dias 08/11/2006 (locais 2 e 3) e 10/11/2006 (local 1), utilizando-se uma semeadora de plantio direto equipada com facão. As adubações de base e de cobertura, bem como as demais práticas

de manejo da cultura, seguiram as recomendações técnicas da cultura.

As coletas de amostras de solo para avaliação física foram realizadas em três épocas. A primeira ocorreu em maio de 2006, momento de implantação das culturas de inverno; a segunda em novembro de 2006, por ocasião da semeadura do milho cultivado em sucessão à pastagem de inverno; e a terceira em fevereiro de 2007, próximo à maturação fisiológica da cultura de milho.

Após abertura de uma pequena trincheira, amostras de solo com estrutura preservada, foram coletadas em anéis volumétricos com altura de 5 cm e diâmetro interno de 6 cm. Em cada parcela foram coletadas duas amostras, uma na camada de 2 a 7 cm e outra na camada de 10 a 15 cm de profundidade, consideradas como subparcelas na análise estatística. No Laboratório de Física do Solo da Estação Experimental de Campos Novos/Epagri, determinaram-se a porosidade total, medida pela saturação da amostra por capilaridade, densidade do solo (EMBRAPA, 1997) e a resistência do solo à penetração, utilizando-se um penetrógrafo de bancada marca Marconi, equipado com haste cônica com inclinação de 30° e 150 mm de comprimento e velocidade de penetração de 1 mm s⁻¹. A umidade das amostras foi equilibrada em 100 kPa de tensão em câmara de Richards. A escala de determinação da resistência à penetração foi de 0,4 a 15 MPa.

Realizou-se análise dos dados de cada local de forma individualizada. Como causas de variação consideraram-se os tratamentos de inverno, as camadas amostradas e a interação destes dois fatores. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e ao teste F e, quando constatados efeitos significativos de tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Os dados de resistência do solo à penetração foram transformados pela equação $y = \sqrt{x}$, para atender às pressuposições da análise de variância, já que não apresentavam homogeneidade de variâncias residuais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em maio de 2006, momento de implantação do experimento (marco zero), não houve diferença

entre tratamentos para densidade do solo e porosidade total nos três locais e nas duas camadas de solo avaliadas (Tabelas 2, 3 e 4), indicando que as áreas experimentais apresentavam homogeneidade para os atributos relacionados à compactação do solo.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos de inverno para as variáveis porosidade total, densidade do solo e resistência à penetração nos três locais, em ambas as camadas de solo avaliadas e nas duas coletas realizadas após a implantação dos ensaios (Tabelas 2, 3 e 4). Mesmo considerando a camada superficial avaliada (2 a 7 cm), as variáveis porosidade total, densidade do solo e resistência à penetração não diferiram entre os tratamentos com e sem pastejo.

Em estudo realizado por Flores et al. (2007), verificou-se que a presença de bovinos em pastagem de aveia consorciada com azevém aumentou a densidade do solo na camada superficial, comparativamente à área não pastejada, porém isto não reduziu a produtividade da cultura de soja semeada em sucessão, comprovando que a pisoteio bovino não causou compactação. Adicionalmente, Lunardi et al. (2008) verificaram que a densidade do solo em tratamento com pastagem anual de inverno não diferiu do tratamento sem pastejo.

As diferenças numéricas entre tratamentos de inverno foram maiores na camada de 2 a 7 cm em relação à camada de 10 a 15 cm. Isto ocorreu porque a camada superficial do solo é a que sofre ação mecânica do pisoteio bovino (ALBUQUERQUE et al., 2001), uma vez que o efeito de uma pressão aplicada na superfície do solo atinge profundidade proporcional a área de contato da carga com o solo (SOEHNE, 1958).

A ausência de compactação pelo pisoteio animal, observada nos três locais, pode ser atribuída, principalmente, ao manejo adequado da pastagem. A manutenção da pastagem em alturas que permitem elevada interceptação de radiação solar é fator importante para que o sistema integração lavoura-pecuária tenha êxito (CARDOSO et al., 2007). Em condição de elevada interceptação de radiação, a pastagem possui elevado crescimento de folhas e raízes, o que confere ao solo maior capacidade de suporte de carga, no caso do pisoteio, sem sofrer

Tabela 2 - Porosidade total, densidade do solo e resistência do solo à penetração em três épocas de avaliação, duas camadas de solo e cinco tratamentos de inverno. Local 1.

Camadas de solo	Tratamentos de inverno	Porosidade total (m ³ m ⁻³)	Densidade do solo (kg dm ⁻³)	Resistência à penetração (MPa) ²
Coleta em maio de 2006 (marco zero)				
2 a 7 cm	Consórcio cobertura	0,389 a ¹	1,30 a	-
	Pastagem com N	0,443 a	1,13 a	-
	Pastagem sem N	0,352 a	1,30 a	-
	Nabo forrageiro	0,423 a	1,23 a	-
	Pousio	0,354 a	1,43 a	-
	Médias	0,392 A ¹	1,28 A	-
10 a 15 cm	Consórcio cobertura	0,394 a	1,30 a	-
	Pastagem com N	0,389 a	1,33 a	-
	Pastagem sem N	0,390 a	1,36 a	-
	Nabo forrageiro	0,416 a	1,26 a	-
	Pousio	0,401 a	1,30 a	-
	Médias	0,398 A	1,31 A	-
	C. V. (%)	8,7	6,6	-
Coleta em novembro de 2006				
2 a 7 cm	Consórcio cobertura	0,553 a	1,02 a	1,2 a
	Pastagem com N	0,494 a	1,23 a	2,3 a
	Pastagem sem N	0,514 a	1,14 a	1,3 a
	Nabo forrageiro	0,502 a	1,10 a	2,0 a
	Pousio	0,496 a	1,17 a	2,2 a
	Médias	0,512 A	1,13 B	1,8 A
10 a 15 cm	Consórcio cobertura	0,504 a	1,21 a	1,8 a
	Pastagem com N	0,493 a	1,25 a	2,3 a
	Pastagem sem N	0,512 a	1,13 a	1,6 a
	Nabo forrageiro	0,487 a	1,21 a	2,3 a
	Pousio	0,498 a	1,20 a	1,7 a
	Médias	0,499 A	1,20 A	2,0 A
	C. V. (%)	3,6	5,5	17,5
Coleta em fevereiro de 2007				
2 a 7 cm	Consórcio cobertura	0,540 a	1,08 a	0,9 a
	Pastagem com N	0,520 a	1,16 a	1,7 a
	Pastagem sem N	0,546 a	1,10 a	0,9 a
	Nabo forrageiro	0,607 a	1,03 a	1,3 a
	Pousio	0,521 a	1,11 a	1,6 a
	Médias	0,547 A	1,10 B	1,3 B
10 a 15 cm	Consórcio cobertura	0,521 a	1,19 a	1,5 a
	Pastagem com N	0,529 a	1,16 a	1,6 a
	Pastagem sem N	0,523 a	1,18 a	1,7 a
	Nabo forrageiro	0,519 a	1,19 a	1,7 a
	Pousio	0,524 a	1,22 a	1,6 a
	Médias	0,523 A	1,19 A	1,6 A
	C. V. (%)	5,2	7,1	23,7

¹ Letras minúsculas comparam médias de tratamentos de inverno e letras maiúsculas comparam médias de camadas do solo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

² Aplicou-se a transformação $y = \sqrt{x}$ antes da análise. Os dados são apresentados na escala original.

Tabela 3 - Porosidade total, densidade do solo e resistência do solo à penetração em três épocas de avaliação, duas camadas de solo e cinco tratamentos de inverno. Local 2.

Camadas de solo	Tratamentos de inverno	Porosidade total (m ³ m ⁻³)	Densidade do solo (kg dm ⁻³)	Resistência à penetração (MPa) ²
Coleta em maio de 2006 (marco zero)				
2 a 7 cm	Consórcio cobertura	0,481 a ¹	1,17 a	-
	Pastagem com N	0,479 a	1,23 a	-
	Pastagem sem N	0,497 a	1,17 a	-
	Nabo forrageiro	0,490 a	1,10 a	-
	Pousio	0,481 a	1,10 a	-
	Médias	0,486 A ¹	1,15 A	-
10 a 15 cm	Consórcio cobertura	0,477 a	1,10 a	-
	Pastagem com N	0,512 a	1,03 a	-
	Pastagem sem N	0,528 a	1,07 a	-
	Nabo forrageiro	0,507 a	1,07 a	-
	Pousio	0,484 a	1,17 a	-
	Médias	0,502 A	1,09 B	-
	C.V. (%)	5,5	4,1	-
Coleta em novembro de 2006				
2 a 7 cm	Consórcio cobertura	0,541 a	1,13 a	1,4 a
	Pastagem com N	0,504 a	1,23 a	1,9 a
	Pastagem sem N	0,485 a	1,22 a	1,7 a
	Nabo forrageiro	0,542 a	1,20 a	1,7 a
	Pousio	0,498 a	1,25 a	1,9 a
	Médias	0,514 A	1,21 A	1,7 A
10 a 15 cm	Consórcio cobertura	0,515 a	1,13 a	1,2 a
	Pastagem com N	0,531 a	1,07 a	1,2 a
	Pastagem sem N	0,534 a	1,08 a	1,3 a
	Nabo forrageiro	0,511 a	1,12 a	1,4 a
	Pousio	0,529 a	1,10 a	1,3 a
	Médias	0,524 A	1,10 B	1,3 B
	C.V. (%)	6,2	6,1	15,5
Coleta em fevereiro de 2007				
2 a 7 cm	Consórcio cobertura	0,559 a	1,06 a	1,0 a
	Pastagem com N	0,520 a	1,16 a	1,6 a
	Pastagem sem N	0,527 a	1,13 a	1,6 a
	Nabo forrageiro	0,525 a	1,13 a	1,3 a
	Pousio	0,529 a	1,10 a	1,3 a
	Médias	0,532 A	1,12 A	1,3 A
10 a 15 cm	Consórcio cobertura	0,526 a	1,19 a	1,5 a
	Pastagem com N	0,535 a	1,08 a	1,4 a
	Pastagem sem N	0,558 a	1,09 a	1,3 a
	Nabo forrageiro	0,527 a	1,13 a	1,4 a
	Pousio	0,547 a	1,12 a	1,1 a
	Médias	0,539 A	1,12 A	1,3 A
	C.V. (%)	4,4	5,7	21,8

¹ Letras minúsculas comparam médias de tratamentos de inverno e letras maiúsculas comparam médias de camadas do solo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

² Aplicou-se a transformação $y = \sqrt{x}$ antes da análise. Os dados são apresentados na escala original.

Tabela 4 - Porosidade total, densidade do solo e resistência do solo à penetração em três épocas de avaliação, duas camadas de solo e cinco tratamentos de inverno. Local 3.

Camadas de solo	Tratamentos de inverno	Porosidade total (m ³ m ⁻³)	Densidade do solo (kg dm ⁻³)	Resistência à penetração (MPa) ²
Coleta em maio de 2006 (marco zero)				
2 a 7 cm	Consórcio cobertura	0,450 a ¹	1,17 a	-
	Pastagem com N	0,460 a	1,17 a	-
	Pastagem sem N	0,478 a	1,16 a	-
	Nabo forrageiro	0,474 a	1,20 a	-
	Pousio	0,455 a	1,13 a	-
	Médias	0,463 B ¹	1,17 A	-
10 a 15 cm	Consórcio cobertura	0,526 a	1,07 a	-
	Pastagem com N	0,533 a	1,00 a	-
	Pastagem sem N	0,543 a	1,07 a	-
	Nabo forrageiro	0,540 a	1,10 a	-
	Pousio	0,543 a	1,03 a	-
	Médias	0,537 A	1,05 B	-
	C.V. (%)	4,8	2,4	-
Coleta em novembro de 2006				
2 a 7 cm	Consórcio cobertura	0,502 a	1,06 a	1,2 a
	Pastagem com N	0,471 a	1,15 a	1,8 a
	Pastagem sem N	0,492 a	1,12 a	1,5 a
	Nabo forrageiro	0,511 a	1,03 a	1,1 a
	Pousio	0,496 a	1,08 a	1,4 a
	Médias	0,494 B	1,09 A	1,4 A
10 a 15 cm	Consórcio cobertura	0,512 a	1,08 a	1,5 a
	Pastagem com N	0,518 a	1,06 a	1,4 a
	Pastagem sem N	0,532 a	1,02 a	1,2 a
	Nabo forrageiro	0,515 a	1,09 a	1,5 a
	Pousio	0,527 a	1,04 a	1,2 a
	Médias	0,521 A	1,06 A	1,4 A
	C.V. (%)	2,3	5,3	11,0
Coleta em fevereiro de 2007				
2 a 7 cm	Consórcio cobertura	0,553 a	1,09 a	1,4 a
	Pastagem com N	0,560 a	1,05 a	1,3 a
	Pastagem sem N	0,552 a	1,08 a	1,7 a
	Nabo forrageiro	0,561 a	1,05 a	1,2 a
	Pousio	0,537 a	1,08 a	1,4 a
	Médias	0,553 A	1,07 A	1,4 A
10 a 15 cm	Consórcio cobertura	0,552 a	1,08 a	1,4 a
	Pastagem com N	0,536 a	1,09 a	1,4 a
	Pastagem sem N	0,558 a	1,08 a	1,1 a
	Nabo forrageiro	0,589 a	1,09 a	1,4 a
	Pousio	0,566 a	1,05 a	1,2 a
	Médias	0,560 A	1,08 A	1,3 A
	C.V. (%)	4,4	3,8	22,1

¹ Letras minúsculas comparam médias de tratamentos de inverno e letras maiúsculas comparam médias de camadas do solo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

² Aplicou-se a transformação $y = \sqrt{x}$ antes da análise. Os dados são apresentados na escala original.

deformação plástica, ou maior capacidade de recuperação após eventual compactação.

O elevado crescimento de raízes é certamente fator importante para reduzir o nível de compactação decorrente de pressões mecânicas exercidas sobre o mesmo. Além disso, a parte aérea da pastagem atenua o efeito mecânico do pisoteio sobre o solo, reduzindo a compactação (BRAIDA et al., 2006). Outro fator a ser considerado, é que as pastagens foram implantadas com semeadora, sem uso de grade, o que mantém os níveis de compactação e de resistência do solo determinados pelo histórico de uso da área e reduz o efeito de compactação promovido pelo pisoteio.

Outro ponto a ser destacado é o fato dos pastejos não terem coincidido com os picos de precipitação pluvial (Figura 1), ou seja, os pastejos ocorreram com solo em condição de umidade abaixo do ponto friabilidade. Neste caso, o solo apresentava maior capacidade de suporte de carga, sem sofrer deformação plástica (MAPFUMO et al., 1999).

Adicionalmente, os solos dos três locais não apresentavam teores muito elevados de argila (Tabela 1). A textura do solo influencia o processo de compactação, pois modifica várias propriedades do solo, como a relação do tamanho de poros, retenção de água, densidade do solo e resistência crítica do solo à penetração (ALBUQUERQUE et al., 2001). A resistência crítica do solo à penetração reduz à medida que há aumento do teor de argila no solo (GERARD et al., 1982). Um Argissolo de textura arenosa submetido a pastejo contínuo por período de 100 a 150 dias, não apresentou valores de macroporosidade e de densidade do solo que indicassem restrição ao crescimento vegetal (SILVA et al., 2000). Por outro lado, quando foi utilizada alta carga animal em um Argissolo de textura média, observou-se aumento da densidade do solo e redução da aeração e infiltração da água (TREIN et al., 1991).

Nos locais 1 e 2, nas coletas realizadas em novembro de 2006 (semeadura do milho) e fevereiro de 2007 (maturação fisiológica do milho), não houve diferença de porosidade total entre as duas camadas de solo avaliadas (Tabelas 2 e 3). Já no local 3, a porosidade total foi superior na camada de 10 a 15 cm em relação à camada de 2 a 7 cm, em coleta realizada em novembro de 2007 (Tabela 4). Em

sistema plantio direto consolidado há tendência de haver maior porosidade total abaixo de 10 cm de profundidade em relação à camada superficial (SILVA et al., 2000).

Em relação à resistência do solo à penetração, constatou-se diferença significativa entre camadas somente na coleta de fevereiro de 2007 para o local 1 (Tabela 2) e na coleta de novembro de 2006 para o local 2 (Tabela 3). Segundo Taylor e Gardner (1963) a resistência do solo à penetração está mais associada ao crescimento de raízes do que a densidade do solo, embora sejam duas variáveis correlacionadas. Por outro lado, a resistência do solo à penetração, quando avaliada no campo, sofre forte influência da umidade do solo, além de apresentar elevada variabilidade espacial (SOUZA et al., 2001).

CONCLUSÕES

Sob as condições de ambiente e de manejo do solo e da pastagem, não houve diferença entre a presença de bovinos em pastagem anual de inverno, o cultivo de coberturas inverniais e o pousio para variáveis relacionadas à compactação do solo (densidade, porosidade total e resistência à penetração), em curto prazo.

AGRADECIMENTOS

Aos produtores rurais Amélio Gudas, Danilo Guedes e Ivo Grein pela participação nos trabalhos de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.717-723, 2001.
- ASSMANN, A.L. et al. Produção de gado de corte e acúmulo de matéria seca em sistema de integração lavoura-pecuária em presença e ausência de trevo branco e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, p.37-44, 2003.
- BRAIDA, J.A. et al. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a

- densidade máxima obtida no ensaio proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.605-614, 2006.
- CARDOSO, R.R. et al. O manejo do pastejo e seu impacto nos atributos físicos de um argissolo vermelho em integração lavoura-pecuária. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 1., 2007, Curitiba. **Anais**. Curitiba: UFPR, 2007. CD-ROM.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Mapa de solos do estado de Santa Catarina. Disponível em <http://200.20.158.13/website/pub/Santa_Catarina>. Acesso em 22 JUN 2007.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212 p.
- ENTZ, M.H.; BARON, V.S.; CARR, P.M. et al. Potential of forages to diversify cropping systems in the Northern Great Plains. **Agronomy Journal**, Madison, v.94, p.204-213, 2002.
- FLORES, J.P.C. et al. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.771-780, 2007.
- FONTANELI, R.S. et al. Análise econômica de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p.2129-2137, 2000.
- GERARD, C.J.; SEXTON, P.; SHAW, G. Physical factors influencing soil strength and root growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, p.875-879, 1982.
- LUNARDI, R. et al. Rendimento de soja em sistema de integração lavoura-pecuária: efeito de métodos e intensidade de pastejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, p.795-801, 2008.
- MAPFUMO, E. et al. Soil compaction under grazing of annual and perennial forages. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.79, n.1, p.191-199, 1999.
- NICOLOSO, R.S.; LANZANOVA, M.E.; LOVATO, T. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, p.1799-1805, 2006.
- PANDOLFO, C. et al. **Atlas climático digital do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-ROM.
- RAO, S.C. et al. Potential grain and forage production of early maturing pigeonpea in the Southern Great Plains. **Crop Science**, Madison, v.43, p.2212-2217, 2003.
- SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.191-199, 2000.
- SOEHNE, W. Fundamentals of pressure distribution and soil compaction under tractor tires. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v.39, p. 276-281, 1958.
- SOUZA, Z.M. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos em um latossolo vermelho distrófico sob semeadura direta em Selvíria (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.699-707, 2001.
- TAYLOR, H.M.; GARDNER, H.R. Penetration of cotton seedling taproots as influenced by bulk density, moisture content, and strength of soil. **Soil Science**, New York, v.96, p.153-156, 1963.
- TREIN, C.R.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo na rotação aveia+trevo/milho, após pastejo intensivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.15, p.105-111, 1991.
- WAGGER, M.G.; DENTON, H.P. Influence of cover crop and wheel traffic on soil physical properties in continuous no-till corn. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.53, p.1206-1210, 1989.