

SEÇÃO: COMUNICADOS TÉCNICOS

Atributos químicos e físicos de solo em sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, sob plantio direto

Henrique Pereira dos Santos¹, Renato Serena Fontaneli², Gilberto Omar Tomm³
e José Eloir Denardin⁴

Resumo - Atributos químicos e físicos de solo foram avaliados em sistemas de produção de lavoura + pecuária num Latossolo Vermelho Distrófico típico, em Passo Fundo, RS, seis anos após instalação (1990/91 a 1995/96). Os quatro sistemas de produção, sob plantio direto, foram: sistema I (trigo/soja, pastagem de aveia preta/soja e pastagem de aveia preta/soja); sistema II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho); sistema III (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho); e sistema IV (trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja). Os sistemas de produção não influenciaram nos valores de pH, de Al trocável e de Ca + Mg trocáveis do solo nem nos atributos físicos estudados. Todavia, o sistema IV foi superior aos sistemas I e II para o nível de matéria orgânica, na camada 10-20 cm. O sistema IV apresentou maior teor de P extraível do que os sistemas II e III, na camada 0-5 cm, enquanto o K trocável foi mais elevado no sistema IV, em comparação aos sistemas I, II e III, em todas as camadas estudadas. Para os sistemas de produção, observaram-se valores superiores aos originais nos níveis de matéria orgânica do solo, de P e de K, principalmente, na profundidade 0-5 cm, em maio de 1996. Os níveis de matéria orgânica do solo e os teores de Ca + Mg, de P e de K, na profundidade 0-5 cm, foram de 1,1 a 1,2 vez, de 1,3 a 1,4 vez, de 4,2 a 4,6 vezes e de 2,6 a 3,3 vezes maiores que a concentração verificada na profundidade 10-20 cm, respectivamente. A densidade do solo foi maior na camada superficial em todos os sistemas estudados em função da compactação do solo. A percentagem de agregados estáveis em água maiores que 4,76 mm e o diâmetro médio geométrico de agregados de solo foram maiores na camada superficial indicando melhor agregação pela matéria orgânica do solo. Não há indícios de que o pisoteio pelos bovinos tenha agravado a compactação do solo. As pastagens anuais de inverno não favoreceram a redução da compactação.

Palavras-chave - rotação de culturas, integração lavoura-pecuária, pastagem anual.

Soil chemical and physical parameters under no-tillage in crop production systems with winter annual pastures.

Abstract - Soil physical and chemical parameters were evaluated on soy farming crop systems in a typical dystrophic Red Latosol (Typic Haplorthox) located in Passo Fundo, State of Rio Grande do Sul, Brazil, after six years (1990/91 to 1995/96) of four production systems under no-tillage: system I (wheat/soybean, black oat pasture/soybean and black oat pasture/soybean); system II (wheat/soybean and black oat + common vetch pasture/corn); system III (wheat/soybean, black oat + common vetch pasture/soybean and black oat + common vetch pasture/corn); and system IV (wheat/soybean, oat/soybean and oat/soybean). Neither the values of pH, exchangeable Al, and Ca + Mg nor the physical parameters studied were influenced by the crop production systems. However, the system IV showed higher levels of organic matter in the 10-20 cm layer, when compared to the systems I and II. Extractable P content was higher in the system IV than in the systems II and III, in the 0-5 cm layer, while exchangeable K was higher in the systems IV, comparatively to the systems I, II, and III, in all layers studied. For the crop production systems values higher than the ones originally recorded were observed in the levels of soil organic matter, extractable P, and exchangeable K, mainly in the 0-5 cm layer, in May 1996. Organic matter levels and the contents of exchangeable Ca + Mg, extractable P, and exchangeable K in the 0-5 cm layer were 1.1 to 1.2, 1.3 to 1.4, 4.2 to 4.6, and 2.6 to 3.3 times greater than the ones found in the 10-20 cm layer, respectively. Soil bulk density presents higher values from the surface layer in all crop systems as results of soil compaction. Percent of water stable aggregates with diameter exceeding 4.76 mm and geometric mean diameter of aggregates were higher in the surface layer due to aggregation promoted by soil organic matter. There is no evidence that cattle weight load aggravated the compaction problem. Annual winter pasture crops did not favoring reduction of soil compaction.

Key words - crop rotation, soy farming, annual pasture.

¹ Engenheiro-Agrônomo, Dr., Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. Bolsista do CNPq-PQ. e-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br. Autor para correspondência.

² Engenheiro-Agrônomo, Ph.D., Embrapa Trigo e Professor Titular da FAMV. Bolsista do CNPq-PQ. e-mail: renatof@cnpt.embrapa.br

³ Engenheiro-Agrônomo, Ph.D., Embrapa Trigo. e-mail: tomm@cnpt.embrapa.br

⁴ Engenheiro-Agrônomo, Dr., Embrapa Trigo. e-mail: denardin@cnpt.embrapa.br

Recebido para publicação em 15/06/2005

Introdução

Sistemas de produção de grãos ou mistos, integrando lavoura e pecuária, quando conduzidos sob plantio direto, promovem alterações nos atributos químicos e físicos do solo, gerando condições favoráveis ao desenvolvimento de espécies cultivadas (SANTOS e REIS, 2001). A adoção do sistema plantio direto tem provocado diminuição da erosão hídrica e aumento da taxa de infiltração de água no solo, do diâmetro dos agregados, da atividade microbiana e da produtividade de culturas (CAMPOS et al., 1995). Nesse contexto, o uso de sistemas de manejo de solo que determinem menor intensidade de mobilização de solo do que o preparo convencional e proporcionem acúmulo de resíduos de culturas na superfície do solo, em áreas anteriormente degradadas pelo preparo inadequado de solo, está possibilitando a recuperação de atributos físicos do solo (DA ROS et al., 1997).

A localização de corretivos e adubos aplicados na superfície, sem sua incorporação, também pode alterar a distribuição de nutrientes, influenciando a disponibilidade e o aproveitamento destes pelas plantas. As modificações nas propriedades químicas, consistem na maior concentração de Ca + Mg trocáveis, de matéria orgânica, de P extraível e de K trocável, principalmente na camada superficial do solo (0-5 cm (SHEAR e MOSCHLER, 1969; TRIPLETT JR. e VAN DOREN JR., 1969; MUZILLI, 1983; SIDIRAS e PAVAN, 1985; SÁ, 1993; SANTOS e TOMM, 1999; e SANTOS et al., 2001).

As propriedades físicas de solo têm influência direta no desenvolvimento radicular de culturas, e conseqüentemente, na produtividade. A densidade de solo é parâmetro indicativo de compactação de solo e é freqüentemente usada na avaliação da condição estrutural de solos. O solo submetido ao cultivo tende a perder a estrutura original pelo fracionamento dos agregados maiores em unidades menores, com conseqüente redução de macroporos e aumento de microporos e de densidade (CARPENEDO e MIELNICZUK, 1990; TISDALL e OADES, 1980). A magnitude com que as alterações ocorrem depende do tipo de solo e dos sistemas de manejo utilizados.

Na utilização de sistemas que incluem sistemas mistos (lavoura + pecuária) a combinação de pastagens perenes de gramíneas e de leguminosas, além de espécies anuais, têm sido observado a manutenção de níveis adequados de nutrientes (ANDREOLA et al., 2000). As pastagens perenes que atuam por períodos mais prolongados, permitem que as gramíneas desenvolvam sistema radicular extenso e em constante renovação, e ainda, os resíduos de leguminosas contribuem com nitrogênio, induzindo aumento na taxa de decomposição pela relação C/N (CARPENEDO e MIELNICZUK, 1990). As pastagens, além de melhorarem a reciclagem e incorporação de nutrientes poderão aumentar a produtividade das culturas em seqüência, bem como as propriedades físicas do solo.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar atributos químicos e físicos de solo após seis anos de cultivo com sistemas de produção de grãos e pastagens anuais de inverno, sob plantio direto em Latossolo Vermelho distrófico.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no CEPAGRO-Centro de Extensão e Pesquisa Agrônômica, da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo (UPF), em Passo Fundo, RS, localizado na longitude 28° 15' S, latitude de 52° 24' W e altitude de 684 m. O ensaio transcorreu de 1990/91 a 1995/96, em Latossolo Vermelho distrófico típico (STRECK et al., 2002), de textura argilosa e relevo suavemente ondulado. Os teores médios de argila, de silte e de areia na camada de 0-20 cm de profundidade são, respectivamente, 490 g kg⁻¹, 200 g kg⁻¹ e 310 g kg⁻¹.

Os tratamentos consistiram em quatro sistemas de produção manejados sob plantio direto: sistema I: lavoura/pecuária (trigo/soja, pastagem de aveia preta/soja e pastagem de aveia preta/soja); sistema II: lavoura/pecuária (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho); sistema III: lavoura/pecuária (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho); e sistema IV: somente lavoura (trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja). Em 1990, a leguminosa de inverno foi o trevo vesiculoso (*Trifolium vesiculosum* Savi cv. Yuchi), em substituição à ervilhaca. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições. A área de cada parcela mediu 500 m². As pastagens anuais de inverno foram pastejadas por vinte animais mestiços de raças européias/parcela, de 6 a 8 horas por dia, espaçadas de 40 a 45 dias, duas e/ou três vezes por ano, no período agrícola de 1990/1991 a 1995/1996.

Em abril de 1990, antes da semeadura das culturas de inverno, foram coletadas amostras de solo, em cada parcela, na profundidade de 0-20 cm, para determinar atributos químicos de solo, cujos valores médios foram: pH = 5,4; Al trocável = 2,5 mmol_c dm⁻³; Ca + Mg trocáveis = 89,8 mmol_c dm⁻³; matéria orgânica do solo = 32,0 g kg⁻¹; P extraível = 11,5 mg kg⁻¹; e K trocável = 138 mg kg⁻¹. em 1987, quatro anos antes da instalação do ensaio, o solo da área experimental teve acidez corrigida, com calcário dolomítico incorporado, com base no método SMP (pH 6,0).

A adubação de manutenção que foi colocada em forma de reposição foi realizada de acordo com indicação para cada cultura (SOCIEDADE, 2004) e baseada nos resultados da análise de solo. As amostras de solo para esse tipo de adubação foram coletadas a cada três anos, após colheita das culturas de verão.

Em maio de 1996, após colheita das culturas de verão da safra 1995/1996, foram coletadas amostras de solo,

compostas de três subamostras por parcela, nas profundidades 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm, para análise de atributos químicos de solo. As análises (pH em água, P extraível, K trocável, matéria orgânica do solo, Al trocável e Ca + Mg trocáveis) seguiram método descrito por Tedesco et al. (1985).

Também em maio de 1996, foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm, para análise de atributos físicos. A densidade do solo foi determinada pelo método do torrão parafinado, e a estabilidade de agregados estáveis em água foi determinada pelo método de peneiramento via úmida (EMBRAPA, 1997). O diâmetro médio geométrico de agregados foi obtido conforme Kemper e Rosenau (1986).

Os sistemas de produção, integrando pastagens anuais de estação fria com produção de grãos, foram comparados entre si para cada atributo químico e físico de solo, em todas as profundidades amostradas. Todas comparações foram realizadas por meio de contrastes com um grau de liberdade (STEEL e TORRIE, 1980). A significância dos contrastes foi dada pelo teste F, levando-se em conta o desdobramento dos graus de liberdade do erro.

Resultados e discussão

Atributos químicos do solo

Considerando-se que inicialmente o pH do solo havia sido corrigido para 5,5, em 1990, ocorreu, após seis anos, em maio de 1996, reacidificação do solo, possivelmente devido a mineralização de matéria orgânica e da adubação de culturas com fertilizantes amoniacais e da acidificação provocada pela precipitação (Tabela 1). Isso pode ser atribuído à aplicação de fertilizantes amoniacais, duas vezes por ano e à mineralização de resíduos culturais na superfície do solo (SALET, 1994). Nas culturas de inverno e nas pastagens foi aplicado nitrogênio na adubação de manutenção e de cobertura ou após primeiro pastejo, bem como na cultura de milho, no verão. Embora os sistemas de produção estudados não tenham induzido diferenças significativas nos valores de pH do solo. A possível reacidificação sugere necessidade de reaplicação de calcário, conforme preconizado pela Sociedade (2004). Pelo rendimento médio de grãos de soja (3.240 kg ha⁻¹), obtidos em 1995, apesar do pH relativamente baixo, essa leguminosa ainda produziu acima da média da região (1.762 kg ha⁻¹) (REUNIÃO, 1999b). Santos e Tomm (1996), trabalhando com sistemas de rotação de culturas para trigo (I: trigo/soja; II: trigo/soja e ervilhaca/milho; III: trigo/soja, linho/soja e ervilhaca/milho; e IV: trigo/soja, aveia branca/soja, cevada/soja e tremoço/milho), sob plantio direto (PD), no Paraná, também não verificaram diferença significativa entre os tratamentos para o pH. Segundo Edmeades et al. (1981), parte da resposta positiva das culturas à calagem pode ocorrer pelo aumento de absorção de N pelas plantas. Nesse período, isso não foi observado entre os sistemas estudados. A reacidificação do solo tende a alterar a atividade microbiana,

a liberação e a absorção de N, que, por sua vez, limita o crescimento de plantas.

Nos sistemas I e III foram observadas diferenças significativas do valor de pH do solo entre camada 0-5 cm e 10-20 cm. O pH do solo, nesses sistemas, apresentou valores mais baixos na profundidade 0-5 cm do que nas profundidades 5-10 cm. A partir da camada de 5-10 cm, os valores de pH diminuíram gradativamente com o aumento da profundidade do solo (10-20 cm). A alteração do pH, nesses sistemas, pode ser explicada, em parte, pelo retorno dos resíduos vegetais depositados na superfície do solo. Resultados equivalentes foram obtidos por Sidiras e Pavan (1985), trabalhando com sistemas de produção, no Paraná, ao estudarem alterações químicas entre as profundidades 0-10 cm e 10-20 cm. Como trata-se de trabalhos conduzidos sob sistema plantio, em ambos os casos, houve menor mineralização dos resíduos vegetais

A exemplo do ocorrido para pH do solo, os sistemas de produção estudados não induziram diferenças significativas nos valores de Al trocável do solo (Tabela 1). O comportamento do Al está em consonância com os resultados obtidos para pH do solo e associado ao processo de acidificação do solo. O período de seis anos e o estabelecimento das espécies sob PD não foram suficientes para promover mudanças químicas significativas no solo, entre os sistemas estudados. Resultados similares foram observados por Santos e Tomm (1996), trabalhando com sistemas de rotação de culturas para trigo, após cinco anos de cultivo, sob PD, em Latossolo Bruno álico, no Paraná. Em todos os sistemas de produção, foram verificadas diferenças significativas no nível de Al trocável entre as profundidades de amostragem do solo. O Al trocável aumentou gradativamente da camada 5-10 cm para a camada 20-30 cm. Dados similares foram observados por Santos e Tomm (1999) e por Sidiras e Pavan (1985), também trabalhando com sistemas de rotação de culturas para trigo, sob PD, no Paraná.

Os valores de Ca + Mg trocáveis do solo (Tabela 1), são considerados elevados para desenvolvimento das culturas tradicionais no solo em estudo (SOCIEDADE, 2004). A aplicação de calcário dolomítico, antes da instalação do experimento, forneceu Ca e Mg em quantidades adequadas que ultrapassaram o nível crítico exigido pelas espécies vegetais dos sistemas estudados, que são, respectivamente 40 e 10 mmol_c dm⁻³ (SOCIEDADE, 2004). Santos e Tomm (1999), trabalhando com quatro sistemas de manejo de solo (plantio direto, cultivo mínimo e preparo convencional de solo com arado de discos e com arados de aivecas) e três rotações de culturas para trigo (I: trigo/soja, anualmente; II: trigo/soja e ervilhaca/milho, bianual; e III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho, trianual), durante oito anos, obtiveram teores de Ca + Mg trocáveis do solo (63,0 a 72,9 mmol_c dm⁻³) na camada 0-5 cm, mais elevados do que os teores iniciais do experimento (49,0 mmol_c dm⁻³), na camada 0-20 cm. Em conformidade com o ocorrido com os atributos pH e Al trocável do solo, os sistemas de pro-

Tabela 1 - Valores médios de pH em água, de alumínio trocável e de cálcio + magnésio trocáveis, avaliados após as culturas de verão de 1996, em quatro profundidades de solo e para diferentes sistemas de produção

Sistema de produção ¹	Profundidade (cm)									
	0-5	5-10	10-20	20-30	0-5 x 5-10	0-5 x 10-20	0-5 x 20-30	5-10 x 10-20	5-10 x 20-30	10-20 x 20-30
----- pH (água 1:1) -----										
I	5,0	5,2	5,2	4,9	*	*	ns	ns	**	**
II	5,1	5,3	5,1	4,9	ns	ns	**	ns	**	**
III	5,0	5,3	5,2	4,9	**	**	ns	ns	**	**
IV	5,1	5,2	5,1	4,9	ns	ns	**	ns	**	*
----- Contrastes entre profundidades (P > F) -----										
Contrastes entre sistemas										
I x II	ns	ns	ns	ns						
I x III	ns	ns	ns	ns						
I x IV	ns	ns	ns	ns						
II x III	ns	ns	ns	ns						
II x IV	ns	ns	ns	ns						
III x IV	ns	ns	ns	ns						
----- Al (mmol _c dm ⁻³) -----										
I	7,6	8,0	10,7	22,6	ns	ns	**	ns	**	**
II	7,6	6,6	13,5	24,3	ns	**	**	**	**	**
III	8,6	6,9	10,3	22,8	ns	ns	**	*	**	**
IV	7,8	8,8	13,2	23,5	ns	*	**	*	**	**
----- Contrastes entre profundidades (P > F) -----										
Contrastes entre sistemas										
I x II	ns	ns	ns	ns						
I x III	ns	ns	ns	ns						
I x IV	ns	ns	ns	ns						
II x III	ns	ns	ns	ns						
II x IV	ns	ns	ns	ns						
III x IV	ns	ns	ns	ns						
----- Ca + Mg (mmol _c dm ⁻³) -----										
I	62,7	62,4	54,6	35,3	ns	ns	**	ns	**	**
II	59,9	63,0	50,4	32,2	ns	*	**	*	**	**
III	58,8	62,5	54,6	32,9	ns	ns	**	*	**	**
IV	60,3	57,4	50,0	32,6	ns	*	**	ns	**	**
----- Contrastes entre profundidades (P > F) -----										
Contrastes entre sistemas										
I x II	ns	ns	ns	ns						
I x III	ns	ns	ns	ns						
I x IV	ns	ns	ns	ns						
II x III	ns	ns	ns	ns						
II x IV	ns	ns	ns	ns						
III x IV	ns	ns	ns	ns						

ns = não significativo; * = nível de significância de 5 %; ** = nível de significância de 1 %. II: trigo/soja, pastagem de aveia preta/soja e pastagem de aveia preta/soja; II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; sistema III: trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; sistema IV: trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja.

dução estudados não promoveram efeito significativo nos valores de Ca + Mg trocáveis do solo. Em seis anos não verificamos mudanças químicas significativas no solo, entre os sistemas estudados. Os menores valores para Ca + Mg trocáveis, na camada 20-30 cm, em comparação às camadas superiores é devido a concentração destes nutrientes nas camadas superficiais. Porém, em alguns trabalhos sob plantio direto tem ocorrido essas mudanças (SÁ, 1993; SANTOS e TOMM, 1996; e FRANCHINI et al, 2000). Santos e Tomm (1996), obtiveram resultados similares. Sidiras e Pavan (1985), observaram maiores valores de Ca + Mg trocáveis na camada superficial (0-10 cm), em relação à camada mais profunda (10-20 cm).

Nas diferentes profundidades de amostragem, houve diferenças significativas entre os sistemas quanto aos valores entre os níveis médios de matéria orgânica do

solo (Tabela 2). O sistema III (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) apresentou nível de matéria orgânica mais elevado do que o sistema II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho), na camada 0-5 cm. Como consequência, o sistema III produziu 3,2 a 3,3 t mais fitomassa por hectare, em relação a maioria dos sistemas estudados (2,7 a 2,9 t), isso pode explicar, em parte, o nível maior de matéria orgânica desse sistemas, em relação aos demais. Além disso, o rendimento médio de grãos de trigo do sistema III (2.180 kg ha⁻¹) foi mais elevado do que o do sistema II (1.990 kg ha⁻¹). Por sua vez, o nível de matéria orgânica do sistema I (trigo/soja, pastagem de aveia preta/soja e pastagem de aveia preta/soja) foi superior ao sistema II, na camada 5-10 cm. O sistema IV (trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja - somente produ-

ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DE SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS
COM PASTAGENS ANUAIS DE INVERNO, SOB PLANTIO DIRETO

ção de grãos) mostrou valor de matéria orgânica maior, em comparação aos sistemas I e II, na profundidade 10-20 cm. Uma explicação aceitável para essa diferença seria atribuída ao maior volume de raízes de aveia remanescente (CALEGARI et al., 1992). Foram verificadas diferenças significativas no valor de matéria orgânica do solo entre determinadas profundidades de sua amostragem, na maioria dos sistemas de produção. Em todos os sistemas, houve redução progressiva da matéria orgânica do solo da camada superficial para as camadas mais abaixo. Resultados semelhantes nas variações entre nível de matéria orgânica da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm foram verificadas por Sá (1993) e por Santos e Tomm (1996), em sistemas de rotação de culturas incluindo trigo. A manutenção do nível de matéria orgânica em valores mais elevados apenas na camada superficial do solo decorre do acúmulo de resíduos ve-

getais sobre a superfície do solo sob plantio direto, resultante da ausência de incorporação física destes em função do revolvimento, a qual diminui a taxa de mineralização. Conclusões semelhantes foram registradas por Muzilli (1983). No sistema plantio direto, o acúmulo de matéria orgânica do solo e bases trocáveis nas camadas superficiais, favorece a complexação do Al (SALET, 1994), o que permite a redução da frequência e da dose de calcário a ser aplicada.

O teor de P extraível do solo, mostrou-se superior ao valor considerado crítico (9,0 mg kg⁻¹), para crescimento e desenvolvimento de culturas anuais nesse tipo de solo (REUNIÃO, 1999a). Portanto, nesse caso, para adubação de manutenção, só deve ser feita a reposição da quantidade desse elemento que for retirada pelas espécies cultivadas, conforme sugerem as indicações técnicas (REUNIÃO, 1999a; 1999b).

Tabela 2 - Valores médios de matéria orgânica, de fósforo extraível e de potássio trocável, avaliados após as culturas de verão de 1996, em quatro profundidades de solo e para diferentes sistemas de produção

Sistema de produção ¹	Profundidade (cm)				Profundidade (cm)					
	0-5	5-10	10-20	20-30	0-5 x 5-10	0-5 x 10-20	0-5 x 20-30	5-10 x 10-20	5-10 x 20-30	10-20 x 20-30
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)										
I	34,9	29,0	25,4	23,9	**	**	**	**	**	ns
II	31,8	26,5	24,8	23,2	**	**	**	ns	**	ns
III	35,7	27,4	25,7	24,1	**	**	**	**	**	*
IV	33,6	27,9	27,0	24,0	**	**	**	ns	**	**
Contrastes entre sistemas										
I x II	ns	*	ns	ns						
I x III	ns	ns	ns	ns						
I x IV	ns	ns	*	ns						
II x III	*	ns	ns	ns						
II x IV	ns	ns	*	ns						
III x IV	ns	ns	ns	ns						
P (mg kg ⁻¹)										
I	23,9	11,7	5,2	2,2	**	**	**	**	**	ns
II	18,9	9,4	4,5	2,0	**	**	**	**	**	ns
III	20,5	8,9	5,1	2,1	**	**	**	*	**	ns
IV	28,6	11,5	6,2	2,6	**	**	**	*	**	ns
Contrastes entre sistemas										
I x II	ns	ns	ns	ns						
I x III	ns	ns	ns	ns						
I x IV	ns	ns	ns	ns						
II x III	ns	ns	ns	ns						
II x IV	*	ns	ns	ns						
III x IV	**	ns	ns	ns						
K (mg kg ⁻¹)										
I	129	65	39	24	**	**	**	*	**	ns
II	144	67	44	28	**	**	**	ns	**	ns
III	142	72	40	26	**	**	**	**	**	ns
IV	193	107	72	43	**	**	**	*	**	ns
Contrastes entre sistemas										
I x II	ns	ns	ns	ns						
I x III	ns	ns	ns	ns						
I x IV	**	**	**	**						
II x III	ns	ns	ns	ns						
II x IV	*	*	*	*						
III x IV	**	*	**	**						

ns = não significativo; * = nível de significância de 5 %; ** = nível de significância de 1 %. III: trigo/soja, pastagem de aveia preta/soja e pastagem de aveia preta/soja; II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; sistema III: trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; sistema IV: trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja.

Apenas na profundidade 0-5 cm foram observadas diferenças significativas entre os sistemas de produção de culturas para o teor de P extraível, sendo maior no sistema IV do que nos sistemas II e III (Tabela 2). Esse efeito pode ser reflexo do consórcio aveia preta + ervilhaca, que foi pastejado por duas e/ou três vezes por ano, durante o período de estudo nos sistemas II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) e III (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho), conseqüentemente houve maior remoção desse elemento do que no sistema IV (trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja), destinados somente para produção de grãos, considerando-se que a dose de fósforo aplicada foi a mesma em todos os tratamentos.

Todos os sistemas avaliados diferiram significativamente quanto ao teor de P extraível em todas as profundidades de amostragem, exceto no contraste entre as profundidades 10-20 cm e 20-30 cm. Em todos sistemas, o teor de P extraível na profundidade 0-5 cm foi de 4,2 a 4,6 vezes maior do que o teor registrado na profundidade 20-30 cm. Resultados semelhantes foram obtidos em outros estudos, em plantio direto (SHEAR e MOSCHLER, 1969; TRIPLETT JR. e VAN DOREN JR., 1969; SÁ, 1993; SANTOS e TOMM, 1999; e SANTOS et al., 2001). Segundo Sidiras e Pavan (1985), o acúmulo de P extraível próximo à superfície do solo decorre de aplicações anuais de fertilizantes fosfatados, da liberação de P durante a decomposição de resíduos vegetais e da menor fixação de P, em virtude do menor contato desse elemento com constituintes inorgânicos do solo, uma vez que não há incorporação de resíduos vegetais através de mobilizações de solo no plantio direto.

Apenas no sistema IV, o teor de K trocável do solo manteve-se acima do valor considerado crítico (80 mg kg⁻¹), para crescimento e desenvolvimento de culturas anuais nesse tipo de solo (REUNIÃO, 1999a). O valor de K trocável do solo diferiu, significativamente, entre todos os sistemas de produção estudados (Tabela 2). O teor de K trocável, nas profundidades 0-5 cm a 20-30 cm, foi mais elevado no sistema IV (trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja) do que nos sistemas I (trigo/soja, pastagem de aveia preta/soja e pastagem de aveia preta/soja), II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) e III (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho). Isso, pode ser devido do pastejo de aveia preta e do consórcio aveia preta + ervilhaca, que ocorreu por duas ou por três vezes por ano, durante esse período de estudo, nos sistemas II e III, que teve como conseqüência maior remoção desse elemento do que para as culturas do sistema IV, usadas exclusivamente para produção de grãos. Santos e Tomm (1996), estudando sistemas de rotação de culturas para trigo, não observaram diferenças significativas entre os sistemas avaliados para esse elemento.

Foram verificadas diferenças significativas de K trocável entre todas as profundidades de amostragem de solo de todos os sistemas de produção avaliados, exceto no contraste entre 10-20 cm e 20-30 cm. A exemplo do verificado com P extraível, também houve acúmulo de K trocável na camada próxima à superfície nos diferentes sistemas de produção. O teor de K trocável, na profundidade 0-5 cm, foi de 2,6 a 3,3 vezes maior que a concentração verificada na profundidade 10-20 cm. Acúmulos semelhantes de K trocável, na camada 0-5 cm, em relação à camada 15-20 cm, em sistemas de rotação de culturas, sob plantio direto, foram observados por Shear e Moschler (1969), Triplett Jr. e Van Doren Jr. (1969), Santos e Tomm (1999) e Santos et al. (2001).

Atributos físicos do solo - Os atributos físicos do solo (densidade do solo, agregados estáveis em água com diâmetro superior a 4,76 mm, e diâmetro médio geométrico de agregados estáveis em água) não foram influenciados pelos sistemas de produção (Tabela 3), exceto para comparação entre as densidades do solo nos sistemas III e IV, na profundidade 20-30 cm. Essa diferença pode ser considerada sem relevância, pois não há evidências de como os sistemas de produção III e IV poderiam influenciar esse atributo apenas nessa profundidade de solo. A inexistência de efeitos dos sistemas de produção sobre esses atributos físicos do solo pode, em parte, ser creditada à semelhança do conjunto de espécies vegetais que compuseram os sistemas de produção. Embora os sistemas II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) e III (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) tenham envolvido a cultura de milho, que é uma espécie de elevado potencial de produção de fitomassa, também envolveram a cultura de ervilhaca, que é reconhecida, pela baixa relação C/N, como aceleradora da taxa de mineralização de matéria orgânica. Ao longo dos anos e na média conjunta dos anos (1990/91 a 1995/96), não houve diferenças significativas entre as médias para rendimento de grãos de milho. O rendimento médio de grãos de milho foi de 6.370 kg ha⁻¹.

À exceção do diâmetro médio geométrico de agregados estáveis em água, em todos sistemas de produção a densidade do solo e os agregados estáveis em água, com diâmetro superior a 4,76 mm, apresentaram variação estatística entre profundidades amostradas. Andreola et al. (2000), estudando sucessão de culturas com nabo forrageiro/feijão/milho, adubação orgânica, adubação orgânica + mineral e adubação mineral, em Nitossolo Vermelho Distroférrico, no município de Chapecó, SC, também não encontraram diferenças entre os tratamentos para percentagem de agregados estáveis em água com diâmetro maior do que 4,76 mm.

O sistema IV (trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja), embora tenha sido destinado exclusivamente à produção de grãos, não mostrou diferença sig-

ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DE SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS
COM PASTAGENS ANUAIS DE INVERNO, SOB PLANTIO DIRETO

Tabela 3 - Valores médios de densidade de solo, percentagem de agregados estáveis em água > 4,76 mm e diâmetro médio geométrico de agregados de solo (DMG), avaliados após as culturas de verão de 1996, em quatro profundidades de solo e para diferentes sistemas de produção

Sistema de produção ¹	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0-10	10-20	20-30	0-10 x 10-20	0-10 x 20-30	10-20 x 20-30
-- Densidade do solo (Mg m ⁻³) --				---- Contrastes entre profundidades (P > F) ----		
I	1,50	1,47	1,36	**	**	**
II	1,53	1,49	1,37	**	**	**
III	1,52	1,47	1,38	**	**	**
IV	1,52	1,47	1,34	**	**	**
Contrastes entre sistemas						
I x II	ns	ns	ns			
I x III	ns	ns	ns			
I x IV	ns	ns	ns			
II x III	ns	ns	ns			
II x IV	ns	ns	ns			
III x IV	ns	ns	*			
--- Agregados > 4,76 mm (%) ---				---- Contrastes entre profundidades (P > F) ----		
I	65	46	17	**	**	**
II	65	42	32	**	**	**
III	72	52	22	**	**	**
IV	73	58	21	**	**	**
Contrastes entre sistemas						
I x II	ns	ns	ns			
I x III	ns	ns	ns			
I x IV	ns	ns	ns			
II x III	ns	ns	ns			
II x IV	ns	ns	ns			
III x IV	ns	ns	ns			
-- DMG (mm) --				---- Contrastes entre profundidades (P > F) ----		
I	4,57	3,61	2,17	**	**	**
II	4,59	3,40	3,01	ns	*	ns
III	4,95	3,96	2,50	*	**	**
IV	4,60	4,30	2,42	ns	**	**
Contrastes entre sistemas						
I x II	ns	ns	ns			
I x III	ns	ns	ns			
I x IV	ns	ns	ns			
II x III	ns	ns	ns			
II x IV	ns	ns	ns			
III x IV	ns	ns	ns			

ns = não significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%. III: trigo/soja, pastagem de aveia preta/soja e pastagem de aveia preta/soja; II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; sistema III: trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; sistema IV: trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja.

nificativa, para densidade do solo, em comparação aos sistemas I (trigo/soja, pastagem de aveia preta/soja e pastagem de aveia preta/soja), II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) e III (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho), que foram submetidos a pastejo durante as seis estações frias. Como a densidade do solo é atributo pedológico usado para a avaliação do estado estrutural do solo, nas condições em que foi conduzido o presente estudo não se observaram indícios de que a integração lavoura-pecuária, presente nos sistemas I, II e III, tenha contribuído para a compactação de solo. O pisoteio, nos tratamentos submetidos a pastagens anuais, não parece ter afetado, após seis anos, os atributos físicos o suficiente para promover prejuízos ao rendimento de culturas. Independentemente do sistema de produção, os valores de densidade do solo na camada superficial (0-10 cm) foram maiores que na última profundidade

amostrada, (20-30 cm) e mostraram-se acima dos valores considerados críticos para latossolos argilosos (>1,40 Mg m⁻³) no que se refere a restrições ao desenvolvimento radicular (RESENDE, 1995). Silva et al. (2000), obtiveram densidade do solo, na camada 5-10 cm, de 1,41 Mg m⁻³, em Argissolo Vermelho-amarelo, no município de Santa Maria, RS, tanto na área pastejada com aveia preta + azevém, como na não pastejada com aveia preta + azevém. Assim, o pisoteio animal não teve efeito sobre as propriedades físicas, possivelmente pelo fato de o resíduo da pastagem permanecer próximo a 1,0 t ha⁻¹ de fitomassa. Os mesmos autores revelaram que, no preparo convencional de solo, esses valores de densidade de solo foram de 1,15 Mg m⁻³, na área pastejada e de 1,12 Mg m⁻³, na área não pastejada. Além disso, o rendimento de grãos de milho (4,55 t ha⁻¹) e de silagem (34,66 t ha⁻¹) não foi afetado pelo pastejo ou pelo sistema de manejo do solo. No presente estudo, tudo indica que o manejo dos animais, em condições de umida-

de do solo relativamente baixa e por pouco tempo, não afetou a densidade do solo e nem o rendimento da soja, cultivada em seqüência ao pastejo da área. A soja na área pastejada, em 1995, rendeu de 2,86 a 3,40 t ha⁻¹ e na área não pastejada de 3,30 a 3,43 t ha⁻¹. Secco et al. (2004), comparando sistemas de manejo de solo quanto às propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distroférrico, não observaram diferenças significativas entre rendimento de grãos de seis cultivares de soja. Houve diferenças significativas na densidade do solo entre as profundidades de amostragem em todos os sistemas de produção estudados. A área onde se instalou o experimento foi submetida, durante longo período, ao preparo convencional com aração e gradagens. A redução da densidade do solo com o aumento da profundidade de amostragem pode estar associada a efeitos resultantes do tráfego de equipamentos agrícolas e de animais, bem como ao emprego do método do torrão parafinado. Esse método despreza o solo dos primeiros centímetros do perfil, que, embora agregado, não forma torrões de tamanho adequado para análise. Resultados inversos para densidade de solo, sob sistema plantio direto, foram relatados por Douglas e Goss (1980), com sistemas de manejo de solo, em solo argiloso, na Inglaterra e em avaliação realizada por meio de anéis volumétricos, Spera et al. (2000), em condições edáficas semelhantes, também constatou resultados inversos aos obtidos neste trabalho, em sistemas de produção de grãos com pastagens anuais e perenes, em Latossolo Vermelho Distrófico típico, no município de Passo Fundo, RS, indicando que o método de anéis pode ser mais adequado que o torrão parafinado.

Os agregados estáveis em água, com diâmetro superior a 4,76 mm, e o diâmetro médio geométrico de agregados estáveis em água diminuíram com o aumento da profundidade de amostragem (Tabela 3). Os resultados

sobre o diâmetro médio geométrico de agregado estáveis em água para plantio direto são similares aos obtidos por Castro et al. (1987), em estudo de dois sistemas de manejo de solo em dois latossolos, no estado de São Paulo. Esse comportamento foi muito coerente com a variação observada nos níveis de matéria orgânica do solo (Tabela 2), visto que, em latossolos, a estabilidade de agregados com diâmetro superior a 2 mm é altamente dependente do nível de matéria orgânica (FACCIN, 1995). Normalmente, maiores valores de percentagem de agregados superiores a 4,76 mm e de DMG, estão inversamente relacionados aos valores de densidade de solo. Assim, devido provavelmente à insensibilidade do método do torrão parafinado, isso não foi observado nesse trabalho. Tanto percentagem de agregados estáveis em água com diâmetro superior a 4,76 mm, como diâmetro médio geométrico de agregados estáveis em água podem ser considerados adequados para esse tipo de solo, pois indicaram nesse período, estabilidade de matéria orgânica que está sendo protegida dentro dos agregados (FACCIN, 1995), em função do manejo adotado.

Conclusões

Os sistemas de produção estudados promoveram aumentos, nos níveis de matéria orgânica, e nos teores de P extraível e K trocável, principalmente na camada de solo de 0-5 cm.

Em geral, os sistemas de produção componentes da integração lavoura-pecuária não interferiu significativamente nos atributos químicos e físicos do solo.

Não houve indícios que o pisoteio animal pelos bovinos tenha agravado a compactação do solo. As pastagens anuais de inverno não favoreceram a redução da compactação.

Referências

- ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N. Influência da Cobertura Vegetal de Inverno e da Adubação Orgânica e, ou Mineral sobre as Propriedades Físicas de uma Terra Roxa Estruturada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, n.4, p. 857-865, 2000.
- CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A.; WILDER, L.P.; COSTA, M.B.B.; ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C (Coords.). *Adubação Verde no Sul do Brasil*. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. 346 p.
- CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE Estabilidade Estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico após Sete Anos de Rotação de Culturas e Sistemas de Manejo do Solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 19, n.1, p.121-126, 1995.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de Agregação e Qualidade de Agregados de Latossolos Roxos Submetidos a Diferentes Sistemas de Manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 14, n.1, p. 99-105, 1990.
- CASTRO, O.M. de; CAMARGO, O.A. de; VIEIRA, S.R.; DECHEN, S.C.F.; CANTARELLA, H. *Caraterização Química e Física de dois Latossolos em Plantio Direto e Convencional*. Campinas: Instituto Agronômico, 1987. 23 p. Boletim Científico, 11.
- DA ROS, C.O da; SECCO, D.; FIORIN, J.E.; PETRERE, C.; CADORE, M.A.; PASA, L. Manejo do Solo a partir de Campo Nativo: Efeito sobre a Forma e Estabilidade da Estrutura ao Final de Cinco anos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 21, n.2, p. 241-247, 1997.
- DOUGLAS, J.T.; GOSS, M.J. Measurements of Pore Characteristics in a Clay Soil under Ploughing and Direct Drilling, Including Use of a Radioactive Tracer (144Ce) Technique. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 31, n.1, p.11-18, 1980.
- EDMEADES, D.C.; JUDO, M.; SARATHCHANDRA, S.U. The Effect of Lime on Nitrogen Mineralization as Measured by Grass Growth. *Plant and Soil*, The Hague, v.60, n.2, p.177-186, 1981.

ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DE SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS
COM PASTAGENS ANUAIS DE INVERNO, SOB PLANTIO DIRETO

- EMBRAPA. Serviço Nacional de Solos. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. 2. ed. Brasília: SPI, 1997. 212 p. Embrapa Solos. Documentos, 1.
- FACCIN, O.P. *Influência das Características Químicas, Físicas e Mineralógicas sobre a Estabilidade de Agregados de Diferentes Grupamento de Solos*. Lavras: UFLA, 1995. 67 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Lavras.
- FRANCHINI, J.C.; BORKERT, C.M.; FERREIRA, M.M.; GAUDÊNCIO, C.A. Alterações na Fertilidade do Solo em Sistemas de Rotação de Culturas em Semeadura Direta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 459-467, 2000.
- KEMPER, W.D.; ROSENAU, R.C. Aggregate Stability and Size Distribution. In: KLUTE, A. *Methods of Soil Analysis: Physical and Mineralogical Methods*. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. Part 1, Chap. 17, p. 425-442. Agronomy, 9.
- MUZILLI, O. Influência do Sistema de Plantio Direto, Comparado ao Convencional, sobre a Fertilidade da Camada Arável do Solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 7, n.1, p. 95-102, 1983.
- RESENDE, P.C.S. *Resistência Mecânica e sua Variação com a Umidade e com a Densidade do Solo em Latossolo Vermelho Escuro do Cerrado*. Botucatu: UNESP, 1995. 64 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Estadual Paulista.
- REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO-RCSBPT, 31., 1999, Passo Fundo. *Recomendações da Comissão Sul-brasileira de Pesquisa de Trigo - 1999*. Passo Fundo, 1999a. 86 p.
- REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 17., 1999, Chapecó. *Recomendações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 1999/2000*. Chapecó: EPAGRI/CPMP, 1999b. 167 p.
- SÁ, J.C.M. Manejo da Fertilidade do Solo no Sistema Plantio Direto. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. Plantio Direto no Brasil*. Passo Fundo, 1993. p. 37-60.
- SALET, R.L. *Dinâmica de Íons na Solução de um Solo Submetido ao Sistema Plantio Direto*. Porto Alegre: UFRGS, 1994. 111 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande Sul.
- SANTOS, H.P. dos.; FONTANELLI, R.S.; TOMM, G.O. Efeito de Sistemas de Produção de Grãos e de Pastagens sob Plantio Direto sobre a Fertilidade do Solo após Cinco anos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 645-653, 2001.
- _____. ; REIS, E.M. Rotação de Culturas. In: SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M. *Rotação de Culturas em Plantio Direto*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. Cap. 1, p.11-132.
- _____. ; TOMM, G.O. Estudos da Fertilidade do Solo sob Quatro Sistemas de Rotação de Culturas Envolvendo Trigo em Plantio Direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 20, n. 3, p. 407-414, 1996.
- _____. ; TOMM, G.O. Rotação de Culturas para Trigo, após Quatro Anos: Efeitos na Fertilidade do Solo em Plantio Direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 259-265, 1999.
- SECCO, D.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; DA ROS, C.O. Produtividade de Soja e Propriedades Físicas de um Latossolo Submetido a Sistemas de Manejo e Compactação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, n. 5, p.797-804, 2004.
- SHEAR, G.M.; MOSCHLER, W.W. Continuous Corn by the no-Tillage and Continuous Tillage Methods: a Six-year Comparison. *Agronomy Journal*, Madison, v. 58, n. 4, p. 524-526, 1969.
- SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do Sistema de Manejo do Solo no seu Nível de Fertilidade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas v. 9, n. 3, p. 249-254, 1985.
- 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, n.1, p.191-199, 2000.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. *Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 10. ed. Porto Alegre: Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 394 p.
- SPERA, S.T.; SANTOS, H.P. dos; LHAMBY, J.C.B. et al. Efeito de Sistemas de Rotação de Culturas sobre a Densidade e Porosidade do Solo em Plantio Direto, em Passo Fundo, RS. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 3., 2000, Pelotas. *Resumos Expandidos...* Pelotas: SBCS-NRS, 2000. p. 300-308. CD-ROM.
- STEEL, G.D.; TORRIE, J.H. *Principles and Procedures of Statistics: a Biometrical Approach*. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633 p.
- STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C. do; SCHNEIDER, P. Solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: EMATER/RS, UFRGS, 2002. 126 p.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. *Análise Solos, Plantas e outros Materiais*. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 32 p. Boletim Técnico, 5.
- TISDALL, J.M.; OADES, J.M. The Effect of Crop Rotation on Aggregation in a Red-Brown Earth. *Australian Journal of Soil Research*, Victoria, v. 18, p. 423-433, 1980.
- TRIPLETT Jr., G.B.; VAN DOREN Jr., D.M. Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Fertilization of non-Tilled Maize. *Agronomy Journal*, Madison v. 61, n. 4, p. 637-639, 1969.