



Avaliação de tipos de manejos de solo na fertilidade e matéria orgânica do solo

Henrique Pereira dos Santos¹, Silvio Tulio Spera², Renato Serena Fontaneli³,
Georgia Luiza Maldaner⁴ e Evandro Ademir Lampert⁵

¹Eng. Agrôn., Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, 99001-970 Passo Fundo, RS, Brasil. Bolsista CNPq-PQ. E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br. ²Eng. Agrôn., Embrapa Agrossilvipastoril. Av. das Itaúbas, 3257 – Setor Comercial, 78550-194 Sinop, MT, Brasil E-mail: E-mail: silvio.spera@embrapa.br. ³Eng. Agrôn., Embrapa Trigo e Professor Titular da FAMV/UPF. E-mail: renatof@cnpt.embrapa.br. ⁴Acadêmica de Agronomia da UPF/FAMV, Passo Fundo, RS. Bolsista de Iniciação Científica - CNPq, na Embrapa Trigo. E-mail: gemaldanerlrc@hotmail.com. ⁵Téc. Agric., Embrapa Trigo. E-mail: evandro@cnpt.embrapa.br.

No sul do Brasil, o sistema plantio direto, ao preconizar constante adição de matéria seca ao solo, tem sido amplamente indicado, como tipo adequado de manejo do solo. Por sua vez, a pesquisa tem demonstrado que, indubitavelmente, a manutenção do carbono (C), de matéria orgânica do solo (MOS), de fósforo (P) e de potássio (K) do solo cultivado é intrínseco ao manejo dispensado ao solo e às culturas (Santos et al., 1995; De Maria et al., 1999; Sisti et al., 2004; Santi et al., 2007). Porém, tais resultados de pesquisa, só podem ser obtidos quando se compara diferentes tipos de manejo de solo. Nesse caso, a utilização do estoque de “C” na floresta subtropical, como referencial de situação estável ao longo do tempo, permite inferir a contribuição dos diferentes tipos de manejo de solo e de rotação de culturas na emissão ou no sequestro de CO₂ pelo solo. O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de tipos de manejo do solo no estoque de carbono e de matéria orgânica do solo, após 2,7 anos de cultivo (2005 a 2008) em Passo Fundo, RS.

O ensaio vem sendo conduzido na área experimental da Embrapa Trigo, município de Passo Fundo, RS, desde 1985, em um Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso (Streck et al., 2008). Os tratamentos consistiram em quatro tipos de manejo de solo (MSs) – 1) sistema plantio direto (PD), 2) cultivo mínimo (CM), 3) preparo convencional de solo com arado de discos mais grade de discos (PCD) e 4) preparo convencional de solo com arado de aivecas mais grade de discos (PCA) – e em três rotações de culturas (RCs): I (trigo/soja), II (trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo) e III (trigo/soja, ervilhaca/milho ou sorgo e aveia branca/soja) (Tabela 1). Como testemunha, um fragmento de floresta subtropical com araucárias (FST), adjacente ao experimento, também foi amostrado, com o mesmo número de repetições, e admitido como referencial do estado estrutural do solo antes do mesmo ser submetido às alterações antrópicas.

O delineamento experimental usado foi blocos completos ao acaso, com parcelas subdivididas, e três repetições. A parcela principal foi constituída pelos MSs, e a subparcela, pelos RCs. A parcela principal media 360 m² e a subparcela, 40 m². No presente trabalho serão abordados os dados sobre os MSs. A adubação de manutenção foi baseada na média dos valores observados nas análises químicas da área experimental. Em abril de 2005 e de 2008, após a colheita das culturas de verão, foram coletadas amostras de solo compostas (duas subamostras por parcela), nas camadas de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm.



As análises (pH em água, P, K, matéria orgânica, Al e Ca + Mg) seguiram o método descrito por Tedesco et al. (1995). O carbono orgânico, em cada camada foi determinado pela expressão: $C_{\text{acumulado}} = C \cdot Ds \cdot L$, onde $C_{\text{acumulado}}$ corresponde ao carbono acumulado em Mg ha^{-1} ; C é o conteúdo de carbono em g kg^{-1} de solo; Ds é a densidade do solo em g cm^{-3} ; e L é a espessura da camada em centímetros (Corazza et al., 1999). Os MSs foram comparados, para cada propriedade química de solo, na mesma profundidade de amostragem (Sas, 2003). As profundidades de amostragem de solo foram comparadas no mesmo SMS e SRC. As médias dos tipos de manejos foram comparadas pelo teste de Duncan a 5%.

Os resultados foram discutidos a partir da avaliação de 2008. Os valores médios de pH do solo (Tabela 2) foram menores, na maioria dos MSs, em relação ao observado, em 2005, na camada de 0-5 cm (Tabela 2). Nos MSs, houve acidificação em todas as camadas estudadas, necessitando, portanto, nova calagem, para restabelecer a condição de pH adequado para leguminosas (Sociedade..., 2004). Todavia, a acidificação da camada superficial do solo não afetou o rendimento médio de grãos das espécies em cultivo, de 2005 a 2008. Quanto ao pH do solo, em 2008, houve diferença entre os MSs, nas camadas de 5-10 e de 10-15 cm, o sistema plantio direto (PD) mostrou menores valores de pH do que preparo convencional de solo com arado de discos (PCD) e com arado de aivecas (PCA), enquanto que no cultivo mínimo (CM), isto ocorreu somente na camada de 5-10 cm. Não houve diferença entre o pH do solo nas camadas de 0-5 e de 15-20 cm. Isso já tinha sido observado, em 2005. O solo da floresta subtropical (FST) apresentou valor de pH menor do que todos os MSs, em todas as camadas estudadas. Houve diferença entre a maioria dos MSs quanto aos valores de pH, em relação às camadas amostradas. O valor de pH em PD, PCD e PCA ficou maior na camada de 0-5 cm do que na camada de 15-20 cm. Em 2008, todos os MSs estudados mostraram maiores valores de pH, que a FST, em todas as camadas estudadas.

O valor de Al trocável de solo (Tabela 2), em 2008, em todos os MSs e na camada 0-5 cm, foi maior após três anos, em relação a 2005 (Tabela 2). O teor de Al trocável variou inversamente com o pH em todos os MSs. Observou-se, nesse caso, que a calagem realizada em 1985 perdeu o efeito residual. Em 2008, o PCD, o PCA e o CM apresentaram valor maior de Al, na camada 0-5 cm do que o PD. Assim o Al tem menor efeito tóxico no PD, em relação ao PCD, devido aos ligantes orgânicos. Porém, na camada 10-15 cm, o PD e o CM mostraram valor mais elevado de Al, em comparação ao PCD e PCA. A FST apresentou maior valor de Al, em relação a todos os MSs estudados, nas camadas 0-5 cm a 15-20 cm, em razão da natureza ácida do latossolo. Houve diferença entre alguns MSs para os valores de Al, em relação às profundidades de amostragens de solo. O valor de Al em PD e CM aumentou da camada 0-5 cm para a camada 10-15 cm. Em 2008, todos os MSs estudados apresentaram valores inferiores de Al, em comparação à FST, em todas as camadas estudadas.

Os teores de Ca e Mg trocáveis do solo (Tabela 2), em 2008, em todas as camadas são considerados baixos para o crescimento e desenvolvimento das culturas tradicionais da região (Sociedade..., 2004). Além disso, os valores de Ca e Mg foram menores do que os verificados, em 2005 (Tabela 2). A acidez do solo da área experimental havia sido corrigida com calcário dolomítico vinte e três anos antes desta avaliação. Em 2008, o PD apresentou valor maior de Ca do que os demais MSs estudados, na camada 0-5. Na camada 10-15 cm, isso ocorreu, em parte, para o valor de Ca. Isso, igualmente é válido para o valor de Mg no PD e CM, nas camadas 10-15 e 15-20 cm, ou seja, mostraram valores maior de Mg, em relação ao PCD e PCA. Isso pode ser reflexo do maior revolvimento do solo no PCD e PCA. Nas camadas 5-10 e 15-20 cm, o teor de Ca e de Mg de todos os MSs foi maior do que o da FST. Houve diferença entre a maioria dos MSs para os valores de Ca e Mg, em relação às profundidades



de amostragens de solo. O teor de Ca aumentou da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm no PCD, enquanto que, o valor de Mg diminuiu.

O teor de matéria orgânica do solo (MOS) (Tabela 2), em 2008, em todas as camadas estudadas, no PD, PCD e PCA foi igual ou superior ao registrado três anos antes, em 2005 (Tabela 2). Em 2008, o PD e o CM mostraram, nas camadas de 0-5 e de 5-10 cm, teor de MOS maior do que o PCD e PCA. Em 2008, nos sistemas conservacionistas PD e CM, houve acúmulo de MOS na camada superficial do solo, indicando que essa prática de manejo de solo pode contribuir para o aumento do teor de MOS, e, conseqüentemente, da fertilidade de solo. Isso, pode beneficiar, por exemplo, o maior rendimento de grãos de soja, sorgo e trigo, manejado sob sistema plantio direto em relação aos cultivos sob preparo convencionais de solo, por disponibilizar nutrientes, na camada de maior absorção de nutrientes pelas raízes das plantas. Nessa avaliação, o teor de MOS da FST foi mais elevado do que os demais MSs estudados. Houve diferenças no teor de MOS entre as camadas no PD e no CM, decrescendo progressivamente da camada de 0-5 cm para a camada de 15-20 cm. A manutenção do teor de MOS na camada superficial de solo em valores mais elevados, principalmente nos sistemas conservacionistas, decorre do acúmulo de resíduos vegetais sobre a superfície de solo manejado com PD, em virtude da ausência de incorporação física realizada pelo revolvimento de solo, o que diminui a taxa de mineralização no PD.

O teor de P do solo, em 2008, em todas camadas e em todos MSs, foi superior ao valor considerado crítico ($9,0 \text{ mg kg}^{-1}$, de acordo com Sociedade... (2004) nessa classe de solo para crescimento e desenvolvimento de culturas tradicionais (Tabela 2). O teor de P encontrado na avaliação de 2008, na camada de 5-10 cm e em todos os MSs, foi mais elevado que o teor avaliado em 2005 (Tabela 2). Em 2008, o teor de P do PD, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-15 cm, foi superior aos demais MSs. Esse acúmulo de P na camada superficial do PD tem sido mais benéfico do que nos manejados com preparo convencional de solo, por estar mais prontamente disponível na camada de maior absorção de nutrientes pelas raízes das plantas. Todos MSs mostraram teor de P maior do que a FST, em todas camadas estudadas.

Os MSs estudados diferiram quanto ao teor de P, na maioria das camadas estudadas, decrescendo com a profundidade. Isto foi mais evidente no CM do que no PCD, determinando diferenças no teor de P, na camada de 0-5 cm, que de foi 1,3 a 1,6 vezes superiores em relação à camada de 15-20 cm.

O teor de K, em 2008, em todas as camadas e MSs (Tabela 2), foi superior ao valor considerado crítico ($80 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, de acordo com Sociedade... (2004) para crescimento e desenvolvimento das culturas tradicionais. O teor de K, em 2008, na camada de 0-5 cm e dos manejos PCD, PCA e CM, foi mais elevado que o teor avaliado em 2005 (Tabela 3). Em 2008, não houve diferença entre os teores de K dos MSs estudados. Nessa avaliação, os MSs mostraram, em todas as camadas estudadas, teor de K superior ao da FST. Da mesma forma que para o teor de P, o acúmulo de K na camada superficial sob plantio direto tem sido maior do que nas subsequentes, dos sistemas de preparo convencionais de solo. Houve diferença significativa do teor de K, em todas as camadas estudadas, decrescendo em profundidade. Essa tendência foi mais evidente no CM do que no PCD, ou seja, o teor de K, na camada de 0-5 cm, foi 1,5 a 1,7 vezes superior em comparação à camada 15-20 cm. Nos sistemas conservacionistas, os fertilizantes à base de K são depositados na superfície ou na linha de semeadura.

Os teores de carbono orgânico (C) acumulado, na camada de 0 a 20 cm, em todos os MSs, em 2008 (Tabela 2) foram maiores do que os níveis observados em 2005 (Tabela 3). Em 2008, o



PD mostrou maior teor de C acumulado do que os demais MSs e da FST, na camada de 0 a 20 cm. Por sua vez, todos MSs foram superiores para o nível de C acumulado, em comparação a FST, na camada 0 a 20 cm.

No sistema plantio direto (PD) há acúmulo de matéria orgânica e P, na camada de 0-5 cm. O teor de C orgânico acumulado, na camada 0-20 cm, é mais elevado sob PD em relação aos demais tipos de manejo do solo.

Os tipos de manejo do solo mostram menor teor de matéria orgânica, do que a floresta subtropical, em todas as camadas estudadas, indicando que o uso agrícola do solo não favorecem incrementos de MOS.

Nos tipos de manejo de solo, os teores de MOS, de P e K acumulam em superfície.

A floresta subtropical apresenta menores valores de atributos relativos a fertilidade do solo, porém, os teores de MOS são sempre maiores.

Tabela 1. Tipos de manejo do solo e de rotação de culturas para rendimento de grãos de trigo. Passo Fundo, RS.

Rotação de Culturas	Manejo do solo				Subparcela			
	Parcela principal	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Sistema I	PD	PCD	PCA	PM	T/S	T/S	T/S	T/S
Sistema II	PD	PCD	PCA	PM	E/So	T/S	E/So	T/S
	PD	PCD	PCA	PM	T/S	E/So	T/S	E/So
Sistema III	PD	PCD	PCA	PM	E/So	Ab/S	T/S	E/So
	PD	PCD	PCA	PM	Ab/S	T/S	E/So	Ab/S
	PD	PCD	PCA	PM	T/S	E/So	Ab/S	T/S

PD: plantio direto.

PCD: preparo convencional de solo com arado de discos.

PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas.

PM: cultivo mínimo marca JAN.

Ab: aveia branca, E: ervilhaca, M: milho, S: soja, So: sorgo, e T: trigo.



Tabela 2. Valores médios de pH em água, Al, Ca, Mg trocáveis, matéria orgânica, P extraível, K disponível e C acumulado avaliados após as culturas de verão, em 2005 e 2008, em quatro camadas de solo e para diferentes tipos de manejo de solo. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2009.

Sistemas de manejo de solo	2005				2008			
	Profundidade (cm)							
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	5-10	10-15	15-20
pH (água 1:1)								
PD	5,03 aB	4,93 bB	5,02 bB	5,13 aA	5,00 aB	4,93 bB	5,00 bB	5,13 aA
PCD	5,09 aC	5,13 aBC	5,22 aA	5,20 aAB	5,11 aB	5,17 aAB	5,21 aA	5,20 aA
PCA	5,10 aA	5,13 aA	5,17 aA	5,16 aA	5,10 aB	5,14 aAB	5,16 aAB	5,19 aA
CM	5,03 aA	5,01 bA	5,04 bA	5,09 aA	5,01 aA	5,07 aA	5,06 bA	5,08 aA
Floresta	4,43 aA	4,37 cA	4,37 cA	4,40 aA	4,60 bA	4,56 cA	4,50 cA	4,60 bA
Alumínio (mmol _c dm ⁻³)								
PD	9,33 cC	19,10 bA	19,37 bA	15,99 bB	10,18 cB	16,41 bA	19,37 bA	18,12 bA
PCD	12,54 b A	13,01 cA	11,98 cA	13,17 bA	13,85 bA	14,60 bA	14,06 dA	14,08 cA
PCA	12,79 bA	12,86 cA	13,67 cA	13,28 bA	14,84 bA	15,09 bA	14,99 cdA	14,75 bcA
CM	11,04 bcB	13,66 cA	14,70 cA	15,72 bA	12,84 bcC	15,14 bB	17,40 bcA	16,98 bcAB
Floresta	36,27 aA	43,00 aA	46,67 aA	45,37 aA	21,73 aB	27,63 aB	38,10 aA	38,36 aA
Cálcio (mmol _c dm ⁻³)								
PD	37 aA	28 bB	28 bB	32 aB	31 aA	28 aAB	25 bB	27 aB
PCD	32 bA	33 aA	34 aA	33 aA	26 cB	28 aA	29 aA	29 aA
PCA	31 bA	31 aA	31 abA	32 aA	25 cB	27 aA	29 aA	28 aA
CM	34 aA	33 aA	32 aA	32 aA	27 bcA	28 aA	26 abA	27 aA
Floresta	21 cA	13 cA	8 cA	9 aA	31 abA	21 bAB	11 cB	9 bB
Magnésio (mmol _c dm ⁻³)								
PD	16 aA	11 bBC	11 cC	12 bcB	12 abA	11 aB	10 bB	10 bB
PCD	14 bA	14 aA	15 aA	14 abA	11 bA	12 aA	12 aA	12 aA
PCA	14 bA	14 aA	14 abA	14 aA	11 bA	11 aA	12 aA	12 aA
CM	14 bA	13 aA	13 bB	12 cB	11 bA	11 aA	10 bB	10 abB
Floresta	7 cA	4 cA	3 dA	4 dA	14 aA	10 aAB	6 cB	5 cB
Matéria Orgânica (g kg ⁻³)								
PD	40 aA	31 aB	26 bC	25 aC	41 bA	37 bB	29 bC	26 cD
PCD	28 dA	28 bA	28 abA	27 aA	28 dA	29 dA	28 bA	28 bcA
PCA	28 dA	28 bA	27 abA	27 aA	28 dA	29 dA	28 bA	28 bA
CM	32 cA	31 aA	29 aB	27 aB	34 cA	34 cA	29 bB	27 bcC
Floresta	36 bA	29 aA	26 bA	28 aA	45 aA	41 aAB	35 aAB	29 aB
Fósforo (mg kg ⁻³)								
PD	59,6 aA	53,9 aA	37,6 aB	18,6 aC	57,8 aAB	65,8 aA	51,8 aB	33,3 aC
PCD	31,7 cA	31,8 bA	33,5 aA	30,3 aA	34,2 cA	33,3 bcAB	32,8 bBC	25,4 aC
PCA	33,7 bcA	33,0 bA	33,8 aA	29,6 aA	32,0 cA	32,1 cA	27,8 bAB	24,5 aB
CM	46,1 bA	49,7 aA	39,2 aAB	27,8 aB	46,1 bA	43,8 bA	38,5 bA	29,2 aB
Floresta	4,3 dA	3,3 cB	2,7 aB	3,0 bB	7,4 dB	4,8 dA	3,2 cA	3,4 bB
Potássio (mg kg ⁻³)								
PD	298 aA	262 aB	225 bC	195 bD	271 aA	211 aB	191 aB	190 aB
PCD	255 aA	265 aA	280 aA	247 aA	284 aA	217 aB	193 aC	184 aC
PCA	273 aA	283 aA	287 aA	264 aA	281 aA	226 aB	205 aBC	195 aC
CM	276 aA	263 aA	249 abB	222 abB	285 aA	216 aA	187 aB	168 aB
Floresta	83 aA	53 aB	41 cB	44 cB	81 bA	61 bB	37 bC	28 bC
Carbono acumulado (g kg ⁻³) 0-20 cm								
PD			88 a					93 a
PCD			77b					80 c
PCA			76 b					80 c
CM			79 b					87 b
Floresta			67 c					74 d

PD: sistema plantio direto; PCD: preparo convencional de solo com arado de discos; PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas; CM: cultivo mínimo; e floresta: floresta subtropical. Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, entre sistema de manejo de solo e a mesma letra maiúscula, na horizontal entre as profundidade, para cada sistemas de manejo do solo, não apresentam diferenças significativas, pelo teste de Duncan a 5%.



Referências

CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 425-432, 1999.

DE MARIA, I. C.; NNABUDE, P. C.; CASTRO, O. M. Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferralsol in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 51, n. 1, p. 71-79, 1999.

SANTI, A.; DALMAGO, G. A.; DENARDIN, J. E. **Potencial de seqüestro de carbono pela agricultura brasileira e a mitigação do efeito estufa**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 8 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos online, 78). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do78.htm>.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O.; LHAMBY, J. C. B. Plantio direto *versus* convencional: efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos em rotação de culturas com cevada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 449-454, 1995.

SAS INSTITUTE. **SAS system for Microsoft Windows version 8.2**. Cary, 2003.

SISTI, C. P. J.; SANTOS, H. P. dos; KOHHANN, R. A.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 76, n. 1, p. 39-58, 2004.

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, 2004. 394 p.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. do; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. rev. ampl. Porto Alegre: EMATER-RS; 2008. 222 p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. 2. ed. rev. ampl. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (UFRGS. Boletim técnico, 5.)