

FERTILIDADE E MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO COM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA SOB PLANTIO DIRETO

Henrique Pereira dos Santos^{1,3}, Renato Serena Fontaneli^{1,4}, Silvio Tulio Spera² e Leandro Vargas¹

¹ Pesquisador da Embrapa Trigo. Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br; renatof@cnpt.embrapa.br; vargas@cnpt.embrapa.br. ² Pesquisador da Embrapa Agrossilvipastoril. Rua dos Jacarandás, 2.639, CEP 78550-003 Sinop, MT. E-mail: silvio-spera@embrapa.br. ³ Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. ⁴ Professor Titular da FAMV, Universidade de Passo Fundo - UPF.

A melhoria da qualidade do solo tem sido observada pela inclusão de leguminosas nos sistemas de produção com integração lavoura-pecuária (SPILP), que irão favorecer a acumulação de C orgânico. Portanto, o uso de leguminosas para a reciclagem de nutrientes e aumento de N dos SPILPs pode ser uma estratégia para atingir uma agricultura sustentável. Assim, o uso de SPILPs que incluam a combinação de pastagens perenes, além de culturas anuais produtoras de grãos, podem ser os mais eficientes na manutenção das qualidades do solo favoráveis às plantas. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de SPILPs, sob sistema plantio direto (SPD), após quinze anos de cultivo, com relação a fertilidade e matéria orgânica do solo.

O experimento foi conduzido em Passo Fundo em um Latossolo Vermelho distrófico típico. Os tratamentos consistiram em cinco SPILPs: sistema I - trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; sistema II - trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta e ervilhaca/milho; sistema III - pastagens perenes da estação fria (festuca, trevo branco, cornichão); sistema IV - pastagens perenes da estação quente (pensacola, aveia preta, azevém, trevo vermelho, cornichão) e; sistema V - alfafa para feno. As parcelas semeadas com alfafa foram corrigidas com 6,0 t ha⁻¹ (em 1994) e com 3,0 t ha⁻¹ (em 1999) de calcário (PRNT 100%) para elevar o pH a 6,5. Em setembro de 2005 e em abril de 2008, foram coletadas amostras de solo compostas nas parcelas, em cada uma

das seguintes camadas: 0-5 cm; 5-10 cm; 10-15 cm e 15-20 cm. A fim de comparação, também foram coletadas amostras de solo, nas mesmas profundidades, em floresta subtropical, próxima ao local do experimento. As análises químicas (pH em água, P, K, matéria orgânica, Al e Ca e Mg) foram realizadas conforme Tedesco et al. (1995). O C orgânico acumulado no perfil do solo, em cada camada, foi calculado pela expressão: $C_{\text{acumulado}} = C \cdot D_s \cdot L$, onde $C_{\text{acumulado}}$ corresponde ao C acumulado em Mg ha^{-1} ; C é o conteúdo de C em g kg^{-1} de solo; D_s é a densidade do solo em g cm^{-3} ; e L é a espessura da camada em centímetros (Corazza et al., 1999). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo a área da unidade experimental igual a 400 m^2 . Os SPILPs foram comparados, em cada propriedade química do solo, na mesma camada amostrada. As camadas foram comparadas no mesmo SPILPs. As médias dos SPILPs foram comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Na avaliação de 2008, o pH do solo (Tabela 1), em todas as camadas e SPILPs, mostrou valores menores do que os encontrados nas mesmas camadas, em 2005, exceto na camada de 5-10 cm do sistema IV. Como o calcário havia sido aplicado somente antes da instalação do experimento (em 1985), constata-se que houve acidificação, principalmente na camada superficial do solo. Em 2008, houve diferença entre os valores de pH do solo dos SPILP, em três das quatro camadas estudadas. O sistema V, na camada de 0-5 cm, mostrou pH do solo maior do que os sistemas II, III e IV e foi igual ao sistema I. Na camada de 5-10 cm, o sistema V mostrou pH maior que nos sistemas I e III. Na camada de 15-20 cm, o sistema II manifestou pH mais elevado, em comparação ao sistema III.

Os valores de Al do solo, em 2008 (Tabela 1), em todas as camadas dos SPILPs, foram mais elevados do que os observados, na avaliação de 2005, sendo, portanto, consequência da acidificação. Em 2008, não houve diferença do valor de Al, nas camadas de 0-5, de 5-10 e de 10-15 cm, entre os SPILPs, mas na camada de 15-20 cm, o sistema III mostrou maior valor de Al do que os sistemas I, II e IV. Porém, o solo da floresta subtropical (FST), não corrigido indicou valor de Al muito maior do que os dos SPILPs. Nos sistemas I, II, III e IV, o teor de Al foi maior na camada de 5-10 cm, enquanto que, no sistema V, não houve diferença no teor de Al entre as camadas.

O valor médio de Ca e de Mg do solo (Tabela 1), em todas as camadas dos SPILPs foram maiores que os níveis críticos (40 e 10 mmol_c dm⁻³, respectivamente). Porém, na avaliação de 2008, os valores de Ca e Mg, em todas as camadas estudadas, foram menores do que o encontrado em 2005. Em 2008, o sistema V mostrou maior teor de Ca do que os demais SPILPs, nas três primeiras camadas estudadas, mas foi devido à aplicação de calcário, em 1994 e em 1999, somente nesse sistema V. Na camada de 15-20 cm, o sistema V mostrou inclusive, teor mais elevado de Ca, em razão da incorporação do calcário pelo revolvimento. Quanto ao Mg, o sistema V mostrou maior teor, em comparação ao sistema I, nas camadas de 0-5 a 10-15 cm. Já os sistemas I, II, III e IV não receberam aplicação de calcário por 8 anos, e isto explica por que os valores de Ca nas camadas destes sistemas são baixos. Nos sistemas I e III, os valores de Ca foram maiores na camada superficial (de 0-5 cm), enquanto que com o Mg, isso ocorreu somente no sistema III.

Os teores de matéria orgânica do solo (MOS), observados em 2008, em todas as camadas e SPILPs foram iguais ou superiores aos registrados em 2005 (Tabela 1). Somente em 2008, o sistema V mostrou, nas camadas de 5-10 e de 10-15 cm, teor de MOS maior do que os sistemas I, II, III e IV, o que pode ser resultado da incorporação dos resíduos. Em todas as camadas, porém, o sistema V mostrou teor de MOS similar ao da FST. O teor de MOS foi maior na camada superficial em comparação às camadas mais profundas, na maioria dos SPILPs.

O teor de P de solo, de 2008, nas camadas de 0-5 e de 5-10 cm (Tabela 1), em todos os SPILPs, foi superior ao valor considerado crítico (9,0 mg kg⁻¹). Os teores de P, nos sistemas I, II e V, em todas as camadas, em 2008 foram maiores do que os encontrados em 2005. Os sistemas I, II e V mostraram, em 2008, nas camadas de 0-5 e de 5-10 cm, teores de P maiores que os dos sistemas III e IV. O teor de P dos SPILPs foi bem superior ao da FST nas camadas superficiais. O teor de P, em todos os SPILP, na camada de 0-5 cm, foram 3,1 e 5,3 vezes maiores que o teor da camada de 15-20 cm.

Os teores de K do solo encontrados em 2008 (Tabela 1), em todas as camadas e nos sistemas I e II, situam-se nas faixas alto a muito alto, em relação ao nível crítico adequado às culturas (80 mg kg⁻¹). Além disso, o teor de K dos sistemas I, III e V, em todas as camadas, mantiveram-se acima dos encontrados em 2005. Também em

2008, o sistema V mostrou teor de K mais elevado do que os sistemas II, III e IV, em todas as camadas estudadas. Todos os SPILP mostraram teor de K maior do que a FST, em todas as camadas estudadas, embora com diferença não significativa nas camadas de 5-10 a 15-20 cm, nos sistemas III e IV. Houve diferenças em teor de K entre as camadas dos SPILPs. Também ocorreu acúmulo de K na camada superficial. O teor de K, na camada de 0-5 cm foi de 1,7 a 2,7 vezes maiores que a concentração observada na camada de 15-20 cm.

O valor do C acumulado, na avaliação de 2008 (sistema I: 110a g kg⁻³; sistema II: 95ab g kg⁻³; sistema III: 94ab g kg⁻³; sistema IV: 96ab g kg⁻³; sistema V: 104a g kg⁻³; e FST: 87b g kg⁻³), foi mais elevado do que o observado em 2005 (sistema I: 85a g kg⁻³; sistema II: 85a g kg⁻³; sistema III: 86a g kg⁻³; sistema IV: 89a g kg⁻³; sistema V: 83a g kg⁻³; e FST: 75a g kg⁻³), na camada de 0-20 cm. Ocorreu, nesse caso, uma recuperação dos estoques de C em todos os SPILPs. Em 2008, os sistemas I e V mostraram, maior acúmulo de C no solo, em comparação à FST. Pelo observado, no período de condução deste estudo, os SPILPs tenderam a mostrar maior teor de C acumulado do que a FST.

Ocorreu acidificação na camada superficial do solo, nos sistemas I, II, III e IV, evidenciada pelos menores valores de pH e maiores de Al, todavia, não houve reaplicação de calcário. Enquanto os valores de pH diminuíram de 2005 a 2008, os teores de MOS, de P e de K aumentaram. Ao mesmo tempo, houve redução nos teores de MOS, de P e de K à medida que aprofunda a camada de solo, observando-se o inverso, em relação ao pH. Finalmente, observou-se que ocorreu recuperação dos estoques de C em todos os SPILP após 15 anos do início do experimento.

Referências bibliográficas

CORAZZA, E.J. et al. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.425-432, 1999.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. 2.ed. rev. e ampl. Porto Alegre, UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5.).

Tabela 1. Valores médios de pH em água, Al, Ca, Mg, matéria orgânica, P e K, avaliados após as culturas de verão, em 2005 e em 2008, em quatro camadas de solo, em cinco sistemas de produção com integração lavoura-pecuária (SPILP) e em floresta subtropical. Passo Fundo, RS.

Sistemas de rotação	2005				2008			
	Camada (cm)				Camada (cm)			
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	5-10	10-15	15-20
PH (água 1:1)								
Sistema I	5,43 bB	5,44 bB	5,86 aA	6,05 aA	5,30 abC	5,30 bC	5,59 aB	5,87 abA
Sistema II	5,33 bC	5,42 bC	5,83 aB	6,07 aA	5,26 bB	5,38 abB	5,76 aA	5,99 aA
Sistema III	5,32 bC	5,38 bC	5,80 aB	6,00 aA	5,16 bB	5,19 bB	5,46 aA	5,59 bA
Sistema IV	5,37 bC	5,30 bC	5,68 aB	5,99 aA	5,28 bC	5,33 abC	5,55 aB	5,78 abA
Sistema V	5,70 aA	5,81 aA	5,94 aA	5,98 aA	5,48 aC	5,53 aBC	5,69 aAB	5,81 abA
Floresta	5,00 cA	4,78 cA	4,60 bA	4,65 bA	4,95 cA	4,45 cB	4,75 bB	4,70 cB
Alumínio (mmol _c dm ⁻³)								
Sistema I	1,96 bB	4,28 bA	1,02 bB	0,48 bB	3,85 bB	6,53 bA	3,95 bB	1,78 cC
Sistema II	2,72 bB	4,87 bA	1,56 bBC	0,37 bC	5,51 bAB	7,19 bA	3,60 bBC	1,88 cC
Sistema III	3,49 bAB	5,23 bA	1,43 bB	0,88 bB	7,18 bB	10,62 bA	8,27 bAB	7,23 bB
Sistema IV	1,93 bB	4,64 bA	2,40 bB	0,57 bC	5,13 bB	7,94 bA	4,54 bBC	2,05 cC
Sistema V	1,15 bA	1,88 bA	2,63 bA	3,71 bA	3,47 bA	5,49 bA	4,52 bA	4,31 bcA
Floresta	12,68aC	23,38 aB	33,18aA	33,28aA	11,00 aB	31,17 aA	31,30 aA	30,60 aA
Cálcio (mmol _c dm ⁻³)								
Sistema I	48 bcB	44 bC	51 bAB	54 aA	43 bA	38 bB	44 bA	47 abA
Sistema II	45 cC	41 bC	50 bB	55 aA	42 bBC	38 bC	46 bAB	50 abA
Sistema III	49 bcBC	47 bC	53 bAB	56 aA	41 bA	37 bB	41 bA	42 bA
Sistema IV	55 abA	44 bC	50 bB	55 aA	44 bBC	41 bC	46 bAB	50 abA
Sistema V	63 aA	62 aA	64 aA	62 aA	54 aA	52 aA	54 aA	54 aA
Floresta	42 bA	23 cB	12 cB	10 bB	53 aA	19 cB	15 cB	13 cB
Magnésio (mmol _c dm ⁻³)								
Sistema I	23 bB	22 bcB	26 aA	27 aA	21 bcBC	19 bC	22 bAB	24 aA
Sistema II	22 bC	21 cC	24 aB	26 aA	20 cB	20 bB	23 abA	25 aA
Sistema III	26 abA	26 abA	28 aA	28 aA	23 abcA	21 bB	22 bA	23 aA
Sistema IV	28 aA	24 abcB	27 aA	28 aA	25 abAB	23 abB	25 abAB	27 aA
Sistema V	28 aA	28 aA	29 aA	29 aA	27 aA	26 aA	27 aA	27 aA
Floresta	22 bA	14 dB	8 bB	8 bB	24 abcA	11 cB	9 cBC	7 bC
Matéria Orgânica (g kg ⁻³)								
Sistema I	36 cA	27 abB	23 aC	22 aC	45 bcA	32 bB	27 bC	25 bC
Sistema II	37 bcA	27 bB	23 aC	22 aC	42 cA	30 bB	26 bC	25 bC
Sistema III	39 abcA	28 abB	24 aC	23 aC	46 bcA	33 bB	27 bC	26 abC
Sistema IV	42 abA	31 aB	24 aC	22 aC	45 bcA	31 bB	27 bB	28 abB
Sistema V	35 cA	27 abB	25 aBC	24 aC	49 abA	38 aB	32 aC	29 abC
Floresta	44 aA	30 abB	25 aB	25 aB	53 aA	35 abB	33 aB	31 aB
Fósforo (mg kg ⁻³)								
Sistema I	27,8bcA	30,1 aA	13,6 aB	8,0 aB	38,0 abA	36,6 aA	19,2 aB	8,1 abC
Sistema II	38,0 aA	37,9 bA	14,0 aB	7,4 aB	48,6 aA	38,1 aA	17,0 abB	9,2 abB
Sistema III	21,3 cA	20,6 bA	11,2 aB	7,6 aB	29,4 bA	18,2 bB	11,0 abcC	6,9 abC
Sistema IV	24,9bcA	20,6 bA	12,2 aB	6,1 aC	26,9 bA	14,4 bcB	7,9 bcB	7,9 abB
Sistema V	31,7abA	20,9 bB	10,7 aC	7,0 aC	48,9 aA	34,2 aB	20,7 aC	15,9 aC
Floresta	3,6 dA	2,4 cA	2,2 aA	2,1 bA	4,5 cA	2,8 cB	2,5 cB	2,1 bB
Potássio (mg kg ⁻³)								
Sistema I	229 aA	167 aB	131 aBC	108 aC	242 abA	180 bB	148 abBC	123 abC
Sistema II	202 aA	169 aA	126 aB	92 aC	211 bA	163 bB	123 bC	102 bC
Sistema III	93 bA	67 bB	48 bB	49 bB	148 cA	68 cB	63 cC	55 cC
Sistema IV	130 bA	98 bB	72 bBC	51 bC	136 cdA	76 cB	59 cB	53 cB
Sistema V	228 aA	200 aA	145 aB	93 aC	280 aA	227 aB	169 aC	161 aC
Floresta	117 bA	67 bB	44 bBC	36 bC	93 dA	46 cB	31 cC	27 cC

I: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; II: trigo/soja, aveia branca/soja pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de inverno; IV: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de verão; e V: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após alfafa. Médias seguidas da mesma letra minúscula, na vertical, entre SPILP e a mesma letra maiúscula, na horizontal, entre as profundidades, para todos os SPILP, não mostram diferenças, pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade de erro.