



ALTERAÇÕES EDÁFICAS DECORRENTES DE DIFERENTES MANEJO DE SOLO E ROTAÇÃO DE CULTURAS EM LATOSSOLO SOB CONDIÇÕES SUBTROPICAIS

Henrique Pereira dos SANTOS^{1*}, Silvio Tulio SPERA², Renato Serena FONTANELI¹,
Marília LOCATELLI³, Anderson SANTI¹

¹Embrapa Trigo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil.

²Embrapa Agrossilvopastoril, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Sinop, Mato Grosso, Brasil.

³Embrapa Rondônia, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Porto Velho, Rondônia, Brasil.

*E-mail: henrique.santos@embrapa.br

Recebido em novembro/2014; Aceito em outubro/2015.

RESUMO: Após vinte e três anos da instalação de um experimento (1985 a 2008), o nível de fertilidade e de MOS foram avaliados, num Latossolo Vermelho Distrófico típico, em Passo Fundo, RS, em quatro sistemas de manejo de solo (SMS) – 1) sistema plantio direto (SPD), 2) cultivo mínimo (CM), 3) preparo convencional de solo com arado de discos (PCD) e 4) preparo convencional de solo com arado de aivecas (PCA) – e por três sistemas de rotação de culturas (SRC): I - trigo(T)/soja(S); II - T/S e ervilhaca (E)/sorgo (So); e III - T/S, aveia branca/soja e E/So). Amostras de solo também foram coletadas em um fragmento de floresta subtropical adjacente ao experimento, como testemunha da condição original do solo. O delineamento experimental foi em blocos completos ao acaso, com parcelas subdivididas, e três repetições. A parcela foi constituída pelos SMS, e as sub-parcelas, pelos SRC. Houve acúmulo de MOS, Ca e P, no SPD, na camada 0-5 cm. O teor de C acumulado foi mais elevado sob SPD em relação aos demais SMS, na camada 0-20 cm. Os SMS e de SRC mostraram menor teor de MOS do que a floresta, na camada de 0-5 cm. Os teores de P e de K, nos SMSs, foram maiores na camada de 0-5 cm, diminuindo com a profundidade. A floresta mostrou menor valor de pH e teores P e K, e maior teor de Al, em relação aos SMS e de SRC.

Palavras-chave: sistemas de produção, plantio direto, matéria orgânica, fósforo, potássio

EDAPHIC CHANGES CAUSED BY DIFFERENT SOIL TILLAGE MANagements CROP ROTATION SYSTEMS IN OXISOL UNDER SUBTROPICAL CONDITIONS

ABSTRACT: Soil fertility and organic matter were assessed after twenty years of implementation (1985 to 2005) on a typical Dystrophic Red Latosol soil located in Passo Fundo, State of Rio Grande do Sul, Brazil. Four soil tillage managements – 1) no-tillage system, 2) minimum tillage, 3) conventional tillage using a disk plow, and 4) conventional tillage using a moldboard plow – and three crop rotation systems: I (wheat/soybean), II (wheat/soybean and common vetch/sorghum), and (wheat/soybean, common vetch/sorghum and white oats/soybean) were evaluated. As a control, soil samples were collected in a subtropical forest fragment adjacent to the experiment. A randomized complete block design, with split-plots and three replicates, was used. The main plots were formed by the soil tillage systems, while split-plots were composed the crop rotation systems. Higher levels of SOM, Ca and P were observed in the 0-5 cm layer for the SPD. The values of soil organic C, in the 0-20 cm layer was higher in NT as compared soil management tillage. Values of SOM observed in all soil management tillage and crop rotation systems were lower than in the forest. The values of P, and K were higher in the 0-5 cm layer, when compared to the ones observed in the 15-20 cm layer in soil management tillage. Values of pH, P, and K observed in the forest were lower and Al was higher than all soil management tillage and crop rotation systems.

Keywords: crop production, no-tillage, organic matter, phosphorus, potassium

1. INTRODUÇÃO

Em solos tropicais e subtropicais com intenso revolvimento, normalmente, a perda da matéria orgânica do solo equivale a 50 % do estoque original, num período, de 15 a 23 anos de cultivo (SANTI et al., 2007; FLORES et al., 2008; STEINER et al., 2011). Essas elevadas perdas, possivelmente, são consequência de elevada taxa de decomposição da matéria orgânica e do intenso processo erosivo nos solos submetidos ao preparo convencional com revolvimento. No sul do Brasil, o sistema plantio direto, ao preconizar constante adição de matéria seca ao solo, tem

sido amplamente indicado e, principalmente, diante de conjunturas que preconizam adequada conservação de princípios básicos de manejo do solo. Assim, a pesquisa agrônoma tem demonstrado que, indubitavelmente, que a manutenção do carbono, da matéria orgânica do solo (MOS), do fósforo e do potássio, no solo cultivado, é intrínseca ao manejo dispensado ao mesmo e às culturas (DE MARIA et al., 1999; SANTI et al., 2007; FLORES et al., 2008; BODDEY et al., 2010; SANTOS et al., 2011; SPERA et al., 2011). Porém, tais resultados de pesquisa, só podem ser obtidos quando se comparam diferentes tipos de

manejo de solo. Nesse caso, a utilização do estoque de carbono na floresta subtropical, como referencial de situação de estabilidade ao longo do tempo, permite inferir a contribuição dos diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas na emissão ou no sequestro de CO₂ pelo solo (JANTALIA et al., 2008, STEINER et al., 2011). Estudos de diferentes tipos de manejo de solo e de rotações de culturas têm mostrado acúmulos de MOS, P, K, Ca e Mg em áreas manejadas com sistemas conservacionistas, desde que sejam incluídas espécies leguminosas como plantas de cobertura e de adubação verde ao solo (BERTOL et al., 2004; FLORES et al., 2008; JANTALIA et al., 2008). Porém, alguns estudos têm mostrado a ocorrência de acidificação do solo e a presença de Al tóxico para as plantas, em solos cultivados por longos períodos sem adição de calcário (VIEIRA et al., 2008; SANTOS et al., 2011).

Deve-se levar em consideração que, o sistema de produção é um conceito mais amplo do que a rotação de culturas (SANTOS et al., 2010). No caso de cereais de inverno de verão é necessária a adoção de práticas sustentáveis de manejo dos cultivos. Como prática sustentável, o sistema plantio direto, envolve a diversificação de espécies via rotação de culturas, com mobilização de solo apenas na linha de semeadura, manutenção permanente da cobertura do solo e minimização do interstício entre colheita e semeadura, pela implementação do processo colher-semear, além da adoção de práticas mecânicas conservacionistas. O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de sistemas de produção na acidez, nos nutrientes, no estoque de carbono e de matéria orgânica do solo, após vinte e três anos de cultivo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio vem sendo conduzido na área experimental da Embrapa Trigo, município de Passo Fundo, RS (28°15'S, 52°24'W, a 678 m de altitude), desde 1985, em um Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso (STRECK et al., 2008). Os teores médios de argila, silte e

areia na superfície são respectivamente 532, 192 e 151 g kg⁻¹. O clima da região pela classificação de Köppen é do tipo subtropical úmido (Cfa), com chuvas bem distribuídas durante o ano. A temperatura média anual é de cerca de 16°C, com ocorrência de geadas e, às vezes, neve e chuva congelada. Os invernos são frios e rigorosos, com ocorrências de geadas severas e frequentes (temperatura média superior a 3°C e inferior a 12,7°C). As primaveras têm temperaturas bem variadas, com tardes quentes, variando entre 24°C e 30°C, e manhãs e noites moderadamente frias. Nos verões, as temperaturas mais altas ocorrem em janeiro, atingindo 31°C. Há ocorrência de secas ocasionais no verão.

Os tratamentos consistem em quatro tipos de sistemas de manejo de solo (SMS): 1) sistema plantio direto - SPD, 2) preparo de solo com cultivo mínimo com escarificador de hastes - 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 sistemas de rotações de culturas (SRC): I - trigo/soja; II - trigo/soja e ervilhaca/sorgo e; III - trigo/soja, ervilhaca/sorgo e aveia branca/soja (Tabela 1). Como testemunha, um fragmento de floresta subtropical com araucárias, 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 ao acaso, com parcelas subdivididas, e três repetições. A parcela principal foi constituída pelos SMS e a sub-parcela, pelos SRC.

Em novembro de 1985, na instalação do experimento, o solo foi escarificado com equipamento com cinco hastes rígidas, de 0,30 a 0,70 m de profundidade e submetido à correção de acidez com 7,0 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 90%), visando elevar o pH em água a 6,0. Após esta operação de calagem, não foi mais aplicado calcário na área experimental. A adubação de manutenção foi baseada na média dos valores observados nas análises químicas da área experimental.

Tabela 1. Tipos de manejo do solo e de rotação de culturas. Passo Fundo, RS.

Rotação de Culturas	Manejo do solo – Parcela principal				Subparcela			
					2005	2006	2007	2008
Sistema I	SPD	PCD	PCA	CM	T/S	T/S	T/S	T/S
Sistema II	SPD	PCD	PCA	CM	E/So	T/S	E/So	T/S
	SPD	PCD	PCA	CM	T/S	E/So	T/S	E/So
Sistema III	SPD	PCD	PCA	CM	E/So	Ab/S	T/S	E/So
	SPD	PCD	PCA	CM	Ab/S	T/S	E/So	Ab/S
	SPD	PCD	PCA	CM	T/S	E/So	Ab/S	T/S

SPD: plantio direto; PCD: preparo convencional de solo com arado de discos; PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas; CM: cultivo mínimo marca JAN; Ab: aveia branca, E: ervilhaca, M: milho, S: soja, So: sorgo, e T: trigo.

Em abril de 2005 e de 2008, após a colheita das culturas de verão, foram coletadas amostras de solo compostas nas camadas de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm. Foram coletadas duas amostras de solo, em forma de x por parcela, com pá-de-corte, conforme o indicado pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004), que depois de misturadas e ensacadas foram encaminhadas para o Laboratório de Solos da Embrapa Trigo para serem

processadas. As análises (pH em água, P, K, matéria orgânica, Al e Ca e Mg) seguiram o método descrito por Tedesco et al. (1995). O carbono orgânico, em cada camada foi determinado pela expressão: $C_{\text{acumulado}} = C * Ds * L$, 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 SMS e os SRC foram comparados individual ou conjuntamente, para cada propriedade química de solo, na mesma camada amostrada. As camadas de solo foram comparadas no mesmo SMS e SRC. As médias dos tipos de manejos e de rotações de culturas foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Não houve diferença significativa da comparação conjunta entre os sistemas de manejo de solo versus sistemas de rotação de culturas, para cada propriedade química do solo, na mesma camada amostrada.

3.1. Efeito nos sistemas de manejo do solo (SMS)

Os resultados foram discutidos a partir da avaliação de 2008. Não houve diferença para os valores de pH no sistema plantio direto (SPD) e nos sistemas de preparo convencional de solo com arado de discos (PCD), na comparação entre os anos, em todas as camadas estudadas, após quatro anos de cultivo (Tabela 2), enquanto que para sistemas de preparo convencional com arados de aivecas (PCA), nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-15 cm e para o cultivo mínimo (CM), nas camadas 0-5 cm e 15-20 cm. Porém, o PCA, na camada de 15-20 cm, o pH foi maior em 2008, em relação a 2005. Por sua vez, o CM, nas camadas de 5-10 e 10-15 cm, mostrou pH maior em 2008 do que em 2005. Pelos valores observados, na maioria dos SMS, houve acidificação em todas as camadas estudadas, necessitando, portanto, nova calagem, para restabelecer a condição de pH adequado para leguminosas (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004). Todavia, a acidificação da camada superficial do solo não afetou o rendimento médio de grãos das espécies em cultivo, de 2005 a 2008. Resultados concordantes sobre valores de pH foram obtidos por Ciotta et al. (2002), estudando SMS e rotações de culturas (SRC), em um solo classificado como Latossolo Bruno Álico.

Quanto ao pH do solo, em 2008, houve diferença entre os SMS, em todas as camadas estudadas. O SPD mostrou menores valores de pH do que PCD e PCA, nas camadas 0-5 cm, 5-10 cm e 10-15 cm. Na camada de 10-15 cm, o SPD não diferiu do CM para os valores de pH. Além disso, na camada de 15-20 cm o CM mostrou menor valor de pH, em comparação ao PCD e PCA. Silveira; Stone (2001), estudando por seis anos, em solo classificado como Latossolo Vermelho perférrico, observaram, nas camadas de 0-10 e de 10-20 cm do manejo PCA, que os valores de pH foram maiores do que no preparo convencional de solo com grade aradora e no SPD. Em 2008, o solo da floresta mostrou valor de pH menor do que os SMS, em todas as camadas estudadas. Em 2008, houve diferença no SPD quanto aos valores de pH, em relação às camadas amostradas. Os valores de pH em SPD foram menores nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-15 cm do que na camada de 15-20 cm. Em trabalho conduzido em Latossolo do Cerrado, Siqueira Neto et al. (2009), encontraram diferenças do valor de pH entre as camadas de 0-5 cm e 10-20 cm somente em SPD.

Na comparação entre os anos estudados, os valores de Al no SPD, na camada de 5-10 cm foram menores em 2008 do que em 2005, enquanto que, na camada de 15-20

cm, isso ocorreu ao contrário. Porém, no PCD e no PCA, os valores de Al, em todas as camadas estudadas foram maiores em 2008, em comparação com o ano de 2005, enquanto que, para o CM, isso só foi verdadeiro, na camada de 10-15 cm, para os valores de Al. O teor de Al trocável variou inversamente com o valor do pH em todos os SMS. Constatou-se, neste caso, que a calagem realizada em 1985 perdeu o efeito residual.

Em 2008, o PCD, o PCA e o CM mostraram, na camada 0-5 cm, maior valor de Al do que o SPD. De acordo com Santos et al. (2011), pode ter havido uma complexação desse elemento químico pelos compostos orgânicos, gerados no processo de decomposição dos resíduos vegetais, que por sua vez, contribuiu para o reduzir valor de Al livre na camada superficial do solo. Assim o Al tem menor efeito tóxico no SPD, em relação ao PCD, devido à complexação por ligantes orgânicos (SPERA, 2009). Porém, nas camadas de 10-15 cm e 15-20 cm, o SPD e o CM mostraram valor mais elevado de Al, em comparação ao PCD. Resultados equivalentes foram obtidos por Silveira; Stone (2001) ao estudarem o Al do solo no SPD, em Latossolo Vermelho perférrico. Em 2008, a floresta mostrou, nas camadas de 0-5 cm, 10-15 cm e 15-20 cm, maior valor de Al em relação a todos os SMS estudados, em razão da natureza ácida do latossolo. Houve diferença de valores de Al, entre alguns SMS, em relação às camadas estudadas. O valor de Al no SPD e no CM foi menor na camada de 0-5 cm, porém aumentou, gradualmente, até a camada de 10-15 cm.

Os teores de Ca e Mg trocáveis em todas as camadas do solo, em 2008, encontram-se abaixo do teor crítico ($40 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) enquanto para o Mg estão no limite ou muito pouco acima do necessário ($10 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para o crescimento e desenvolvimento das culturas tradicionais da região (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004), mas, os valores de Ca e Mg foram menores do que os verificados em 2005, no SPD, nas camadas 0-5 cm, 10-15 cm e 15-20 cm (Tabela 2), enquanto que, no PCD, no PCA e no CM, isso foi verdadeiro, em todas as camadas estudadas. A acidez do solo da área experimental havia sido corrigida com calcário dolomítico há vinte e três anos. Em 2008, o SPD mostrou, na camada de 0-5 cm, maior valor de Ca do que os demais SMS estudados, enquanto que, na camada de 10-15 cm, o valor de Ca foi menor no SPD, em comparação como o PCD. Isto, igualmente ocorreu com o Mg, nas camadas de 10-15 e 15-20 cm do SPD e do CM, ou seja, mostraram menores valores de Mg, em comparação ao PCD e ao PCA. Isto pode ser resultado do revolvimento do solo no PCD e no PCA, que redistribuiu estes nutrientes por toda camada cultivada. Houve diferenças nos valores de Ca e de Mg das camadas de solo da maioria dos SMSs estudados. O teor de Ca no SPD foi maior na camada de 0-5 cm, diminuindo gradualmente até a camada de 10-15 cm, ocorrendo o mesmo com o valor de Mg. Ciotta et al. (2002), avaliando um Latossolo Bruno álico, verificaram concentrações variáveis de Ca e Mg trocáveis na superfície do solo, no SPD, enquanto no PCD observaram teores destes elementos praticamente uniformes no perfil do solo.

Na comparação entre os anos estudados, os teores de matéria orgânica do solo (MOS), no SPD aumentaram do ano de 2005 para 2008, 5-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm,

enquanto que, no PCD, isso foi verdadeiro nas camadas de 5-10 cm e 15-20 cm, no PCA, na maioria das camadas estudadas e no CM, nas camadas de 0-5 cm a 10-15 cm (Tabela 2). Em 2008, o SPD e o CM mostraram, nas camadas de 0-5 e de 5-10 cm, teor de MOS maior do que

o PCD e PCA. Desde 2005, constatou-se acúmulo de MOS na camada superficial do solo dos sistemas conservacionistas SPD e CM, indicando que estes tipos de manejo podem contribuir para o aumento do teor de MOS, e, conseqüentemente, da fertilidade de solo.

Tabela 2. Médias de pH em água, alumínio, cálcio, magnésio, matéria orgânica, fósforo, potássio e carbono acumulado, avaliados após as culturas de verão, em 2005 e 2008, em quatro camadas de solo e em quatro tipos de manejo de solo.

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

SPD: 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 camadas, para cada sistema de manejo de solo, não mostraram diferenças significativas, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

De acordo com Santos et al. (2011), o SPD tem mostrado teores mais elevados de MOS na camada superficial e, como consequência, maior concentração de substâncias húmicas solúveis. Este resultado sugere que o SPD contribui para a manutenção da MOS nas camadas superficiais do solo e, após vários anos, provavelmente, com o aumento da capacidade de suprimento de N do solo (SANTOS et al., 2009), que é o nutriente mais limitante ao rendimento de grãos de gramíneas. Isto pode favorecer

maiores rendimentos de grão de milho, soja e trigo quando manejado com SPD em relação aos cultivos manejados com preparo convencional de solo, por disponibilizar nutrientes na camada de maior absorção de nutrientes pelas raízes das plantas. No presente estudo, o teor de MOS da floresta foi mais elevado do que os demais SMSs avaliados, nas duas primeiras camadas amostradas. Santos et al. (1995) verificaram, na camada de 0-5 cm, maior teor de MOS no SPD em relação ao

PCD, no mesmo tipo de solo. De Maria et al. (1999) também observaram, na mesma camada, maior teor de MOS no SPD em comparação ao CM e ao PCD, em solo classificado como Rhodic Ferralsol.

Houve diferenças no teor de MOS entre as camadas do SPD e do CM, decrescendo progressivamente da camada superficial até a de 15-20 cm. A manutenção de teores mais elevados de MOS na camada superficial de solo, nos sistemas conservacionistas, decorre do acúmulo de resíduos vegetais mantidos sobre a superfície de solo manejado sem revolvimento, que, em virtude da ausência de incorporação física promove redução da taxa de mineralização.

O teor de P do solo, em 2008, em todas as camadas e em todos os SMS, foi superior ao valor considerado crítico ($9,0 \text{ mg kg}^{-1}$, de acordo com a COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004) para os de textura argilosa, para o crescimento e desenvolvimento de culturas tradicionais (Tabela 2). Na comparação entre os anos estudados, os teores de P, no SPD aumentaram do ano de 2005 para 2008, nas camadas de 5-10 cm, 0-15 cm e 15-20 cm, enquanto que, no PCD, isso foi verdadeiro nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm e no CM, somente na camada 15-20 cm.

Em 2008, o teor de P do SPD, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-15 cm foi superior aos demais SMS. Esse acúmulo de P na camada superficial do SPD tem sido mais benéfico às plantas do que os dos solos revolvidos, pelo fato do nutriente estar mais prontamente disponível na camada de maior absorção de nutrientes pelas raízes das plantas. Todos os SMS mostraram, na maioria das camadas estudadas, maior teor de P do que os da floresta. Os menores teores de P, encontrados na floresta, é resultado da baixa disponibilidade natural de P nos latossolos (SPERA, 2009). Resultados equivalentes foram obtidos, na camada de 0-5 cm, por Santos et al. (1995), no mesmo tipo de solo desse experimento, ao compararem SPD com PCD; por De Maria et al. (1999), em solo classificado como Rhodic Ferralsol, comparando SPD com CM e PCD; e por Matowo et al. (1999), comparando SPD com CM. Portanto observa-se que, os sistemas conservacionistas provocaram alterações nas propriedades químicas de solo, as quais, por sua vez, refletiram na fertilidade e na eficiência de uso de nutrientes pelas espécies (VIEIRA et al., 2009). O acúmulo de P nas camadas superficiais nos sistemas de manejo conservacionistas decorre da mínima mobilização de solo por ocasião da distribuição de sementes e de fertilizantes e da baixa mobilidade desse nutriente no solo (SANTOS et al., 2009).

Os SMS estudados diferiram quanto ao teor de P, na maioria das camadas estudadas, decrescendo com a profundidade. Isto foi mais evidente no CM e SPD do que no PCD e no PCA, determinando diferenças no teor de P, na camada de 0-5 cm, que de variou de 1,3 a 1,6 vezes superiores em relação à camada de 15-20 cm. Resultados comparáveis de acúmulo de P no SPD foram registrados, na camada de 0-5 m em relação à de 15-20 cm, por Bayer; Bertol (1999). O acúmulo de P próximo à superfície do solo decorre das aplicações anuais de fertilizantes fosfatados, da liberação de P durante a decomposição dos resíduos vegetais e da menor fixação de P, em razão do menor contato desse elemento com os constituintes

inorgânicos de solo, por conta da não incorporação de resíduos vegetais pelo revolvimento de solo (SIQUEIRA NETO et al., 2009).

O teor de K, em 2008, em todas as camadas e SMS (Tabela 2), foi superior ao valor considerado crítico (80 mmolc dm^{-3} , de acordo com a COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004) para crescimento e desenvolvimento das culturas tradicionais. Na comparação entre os anos estudados, os valores de K, no SPD diminuíram do ano de 2005 para 2008, nas camadas de 0-5 cm a 10-15 cm, enquanto que, no PCD, no PCA e CM, isso foi verdadeiro nas camadas de 5-10 cm a 15-20 cm.

Em 2008, não houve diferença entre os teores de K dos SMS estudados e nem desses para a floresta. 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 mesmas dos manejos com preparo convencional de solo. Houve diferença do teor de K, entre 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 de 1,5 a 1,7 vez 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. Além disso, os resíduos vegetais são mantidos na superfície, o que permite que, após a decomposição, esse elemento se acumule na camada superficial do solo. No SPD e no CM também pode estar ocorrendo maiores perdas desse nutriente por transporte pela enxurrada, em comparação aos tipos de manejo desprovidos de cobertura com palha, conforme constataram Santos et al. (2009).

Os teores de carbono orgânico acumulado, na camada de 0 a 20 cm, em todos os SMS, em 2008 (Tabela 2) foram maiores do que os níveis observados em 2005. Em 2008, o SPD mostrou maior teor de C acumulado do que os demais SMS e da floresta. Porém, todos SMS acumularam, na camada 0 a 20 cm, mais carbono em comparação à floresta. Bertol et al. (2004), comparando SMS, em um Cambissolo Húmico aluminico léptico, obteve, na camada de 0-10 cm, teor de C acumulado 27% maior no SPD e 54% maior no campo nativo, em relação ao PCD. A razão desta diferença entre os SMS pode ser atribuída ao fato de que nos manejos com preparo convencional de solo, a intensa mobilização do solo promove rápida diminuição da MOS e como consequência, aumenta a emissão de CO_2 , quando comparado com os sistemas conservacionistas (JANTALIA et al., 2008). Segundo Corazza et al. (1999), existe a possibilidade do SPD promover aumento do teor de C, contribuindo assim para o sequestro de C atmosférico, ao contrário dos manejos com preparo convencional, que, com revolvimento sistemático do solo tendem a atuar em sentido oposto. De acordo com Corazza et al. (1999), os sistemas não perturbados: pastagem cultivada ($+17 \text{ Mg ha}^{-1}$), reflorestamento de eucalipto ($+15 \text{ Mg ha}^{-1}$) e lavoura com rotação sob SPD ($+22 \text{ Mg ha}^{-1}$) mostram, na camada 0-1 m, maior teor de C acumulado em relação à vegetação típica de cerrado ou lavoura sob preparo convencional de solo com arado de discos (-5 Mg ha^{-1}) e com grade pesada (-8 Mg ha^{-1}) (sistemas perturbados). De acordo com Carvalho et al. (2010), à ocupação do solo com atividade com reduzida

intensidade de preparo ou mesmo sem preparo, indica que pode ocorrer a recuperação e até mesmo a acumulação de C em valores superiores às verificadas em vegetação nativa. Além disso, uma estratégia econômica e ambientalmente sustentável para adicionar N, e consequentemente C no solo, é a utilização de leguminosas em sistemas de rotação de culturas (BODDEY et al., 2010).

3.2. Efeitos nos sistemas de rotação de culturas (SRC)

Na comparação entre anos, o valor de pH, no sistema I aumentou de 2005 para 2008, nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm após quatro anos de cultivo (Tabela 3), enquanto que, para o sistema II, não houve diferença para o valor de pH, entre as camadas estudadas. Todavia, no sistema III, o valor de pH, diminuiu de 2005 para 2008, na camada de 0-5 cm. Ainda, no sistema I, o valor de Al aumentou de 2005 para 2008, somente na camada de 0-5 cm. No sistema II, o valor de Al, também, aumentou de

2005 para 2008, nas camadas de 0-5 cm, 10-15 cm e de 15-20 cm. No sistema III, esse aumento do valor de Al ocorreu da camada de 0-5 cm até a camada de 10-15 cm. Nos sistemas I, II e III, os valores de Ca e Mg, diminuíram de 2005 para 2008, em todas as camadas estudadas. No sistema I, os teores de MOS aumentaram em todas as camadas de 2005 para 2008. Nos sistemas II e III, o aumento do teor de MOS, ocorreu nas três últimas camadas amostradas de 2005 para 2008. O teor de P, no sistema I, diminuiu de 2005 para 2008, na camada de 5-10 cm. Porém, no sistema II, o teor de P aumentou de 2005 para 2008, nas camadas de 5-10 cm e 15-20 cm. Contudo, no sistema III, o teor de P, aumentou de 2005 para 2008, somente, na camada de 5-10 cm. No sistema I, o teor de K, diminuiu de 2005 para 2008, nas camadas de 5-10 cm a de 15-20 cm, enquanto que, nos sistemas II e III, o teor de K diminuiu de 2005 para 2008, da camada de 5-10 cm para de 15-20 cm. O teor de C aumentou de 2005 para 2008, em todos os sistemas estudados.

Tabela 3. Médias de pH em água, alumínio, cálcio, magnésio, matéria orgânica, fósforo, potássio e carbono acumulado, avaliados após as culturas de verão, em 2005 e 2008, em quatro camadas de solo e em três sistemas de rotação de culturas.

Sistemas de rotação de culturas	2005				2008			
	Camada (cm)							
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	5-10	10-15	15-20
pH (água 1:1)								
Sistema I	4,93 cB	4,97 cAB	5,06 bAB	5,11 bA	5,03 bA	5,07 aA	5,08 abA	5,10 aA
Sistema II	5,03 bB	5,03 bB	5,11 aAB	5,16 aA	5,02 cB	5,06 bAB	5,07 bAB	5,16 aA
Sistema III	5,13 aA	5,09 aA	5,13 aA	5,15 abA	5,08 aA	5,09 aA	5,12 aA	5,16 aA
Floresta	4,43 dA	4,37 dA	4,37 cA	4,40 cA	4,60 dA	4,56 cA	4,50 cA	4,60 bA
Alumínio (mmol _c dm ⁻³)								
Sistema I	10,81 cB	14,07 cAB	15,25 aA	14,52 bcAB	11,94 cA	14,12 cA	15,08 cA	15,29 aA
Sistema II	12,09 bA	15,28 bA	14,45 aA	13,79 cA	13,97 bA	15,97 bA	16,82 bcA	16,07 aA
Sistema III	11,19 cB	14,44 cA	15,14 aA	15,05 bA	12,56 cB	15,26 cA	16,67 bA	16,16 aA
Floresta	36,27 aA	43,00 aA	46,67 aA	45,37 aA	21,73 aB	27,63 aAB	38,10 aA	38,36 aA
Cálcio (mmol _c dm ⁻³)								
Sistema I	35 aA	32 aA	32 aA	33 aA	28 bA	29 aA	28 aA	29 aA
Sistema II	32 bA	30 bA	31 aA	32 aA	24 cA	27 bA	27 aA	28 aA
Sistema III	34 aA	31 aB	31 aB	32 aAB	28 bA	28 aA	27 aA	28 aA
Floresta	21 cA	13 cA	8 aA	9 aA	31 aA	21cA	11 bA	9 aA
Magnésio (mmol _c dm ⁻³)								
Sistema I	13 cA	13 aA	12 cA	13 bA	11 bA	11 aA	11 aA	11 aA
Sistema II	14 bA	13 aA	14 aA	14 aA	10 cA	10 bA	11 aA	11 aA
Sistema III	15 aA	13 aB	13 aB	13 bB	12 bA	11 aA	11 aA	11 aA
Floresta	7 dA	4 bA	4 dA	4 cA	14 aA	10 bAB	6 aB	5 aB
Matéria Orgânica (g kg ⁻³)								
Sistema I	31 cA	28 bAB	27 bB	26 aB	33 bA	33 aA	29 aAB	28 aB
Sistema II	31 cA	29 aAB	28 aBC	27 aC	32 bA	31 aAB	29 aBC	27 aC
Sistema III	33 bA	29 aB	27 bBC	27 aC	33 bA	32 aA	29 aB	27 aB
Floresta	36 aA	29 aA	26 cA	28 aA	45 aA	41 aA	35 aA	29 aA
Fósforo (mg kg ⁻³)								
Sistema I	47,2 aA	57,1 aA	47,1 aA	36,1 aA	48,6 aA	45,9 bA	48,9 aA	33,3 aA
Sistema II	42,0 bA	39,2 bAB	30,3 cBC	21,1 cC	43,4 aA	46,6 aA	37,4 bAB	28,8 aB
Sistema III	41,7 bA	39,0 bA	36,1 bAB	27,0 bB	39,9 bA	41,2 bA	34,2 cAB	25,9 bB
Floresta	4,3 cA	3,3 cB	2,7 dB	3,0 dB	7,4 cA	4,8 cA	3,2 dA	3,4 cA
Potássio (mg kg ⁻³)								
Sistema I	285 aA	280 aA	263 aA	241 aA	289 aA	222 aB	198 aBC	189 aC
Sistema II	277 abA	264 bA	253 aAB	219 bB	263 bA	205 bB	193 b B	182 aB
Sistema III	272 bA	267 abA	265 aAB	238 aB	289 aA	224 aB	194 bC	184 aC
Floresta	83 cA	53 cB	41 aB	44 cB	81 cA	61 cAB	37 cB	28 aB
Carbono acumulado (g kg ⁻³) 0-20 cm								
Sistema I	80 a				87 a			
Sistema II	79 a				83 b			
Sistema III	80 a				87 a			
Floresta	67 a				74 c			

Sistema I: trigo/soja; Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/sorgo; e Sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja. Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, entre sistema de rotação de culturas e a mesma letra maiúscula, na horizontal entre as camadas, para cada sistema de rotação de culturas, não mostraram diferenças significativas, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Em 2008, o valor de pH foi maior, no sistema III do que nos sistemas I e II, na camada de 0-5 cm (Tabela 3).

Porém, na camada 5-10 cm, os sistemas I e III foram superiores para os valores de pH, em relação ao sistema

II. O valor de Al foi mais elevado no sistema II, em relação aos sistemas I e III, nas camadas de 0-5 cm e de 5-10 cm. Os sistemas I e III apresentaram maior valor de Ca, Mg e K do que o sistema II, nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm. Não houve diferença para o teor de MOS, entre os sistemas de rotação de culturas, em todas as camadas estudadas. Para os teores de P, os sistemas I e II foram superiores, em relação ao sistema III, nas camadas de 0-5 cm e de 15-20 cm. Entretanto, na camada 5-10 cm, o teor de P foi maior no sistema II, em comparação aos sistemas I e III, enquanto que, na camada 10-15 cm, essa diferença a mais foi do sistema II, em relação aos sistemas II e III. O teor de C acumulado foi mais elevado nos sistemas I e III, em comparação ao sistema II, na camada de 0-20 cm. Entretanto, os valores de pH, P e K foram maiores na camada agricultável, em relação ao da floresta, enquanto que com o teor de MOS ocorreu o contrário. Isto indica que as sequências de espécies componentes dos SRC não promoveram alterações na concentração desses nutrientes no solo. Steiner et al., 2011, trabalhando com sistemas de rotação de culturas, em solo classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico, profundo e bem drenado, também, não encontraram diferenças nos teores de C orgânico nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm.

Em 2008, no sistema II, o valor pH aumentou da camada de 0-5 cm até a camada de 15-20 cm (Tabela 3). Com o teor de MOS ocorreu o inverso, ou seja, todos os sistemas estudados diminuíram o teor de MOS com o aprofundamento da camada amostrada. Os valores de K foram maiores em superfície, em todos os SRC. O acúmulo de K na camada de 0 a 5 cm, foi relatado por Matowo et al. (1999) e Santos; Tomm (1999). Santos et al. (1995) e Santos; Tomm (1999) em estudos com SRC manejados com SPD, nos quais o teor de MOS foi maior na camada de 0-5 cm. Para os valores de Ca e Mg não houve diferença, nos SRC, entre as camadas amostradas.

No ano de 2008, não houve diferença para o rendimento de grãos de aveia branca entre os sistemas de manejo de solo. Nesse mesmo ano, o rendimento de grãos mais elevado de trigo ocorreu no sistema plantio direto, em comparação com os demais sistemas de manejo de solo. O sistema de rotação de culturas com dois invernos sem trigo (trigo/soja, ervilhaca/sorgo e aveia branca/soja) foi o mais produtivo, em relação à monocultura (trigo/soja) e a um inverno sem esta gramínea (trigo/soja e ervilhaca/sorgo). No período de 2008/99, o rendimento de grãos de soja e sorgo nos sistemas convencionais de preparo de solo foram superiores ao rendimento de grãos da soja em sistema plantio direto. Para rotação de culturas, não houve diferença entre os rendimentos de grãos de soja e de sorgo.

4. CONCLUSÕES

No manejo com sistema plantio direto houve acúmulo de matéria orgânica, Ca e P, na camada de 0-5 cm. O teor de C orgânico acumulado, na camada de 0-20 cm, foi mais elevado no sistema plantio direto do que nos demais tipos de manejo do solo; Os tipos de manejo do solo e de rotações de culturas mostraram, na camada 0-5 cm, menor teor de matéria orgânica do que à floresta subtropical, indicando que o uso agrícola do solo não está favorecendo, nas condições do estudo, incrementos de MOS. Nos tipos de manejo de solo, os teores de P e K

acumularam em superfície; O solo da floresta subtropical mostraram menores valores de atributos indicativos de adequada fertilidade do solo, porém, os teores de MOS são sempre maiores.

5. REFERÊNCIAS

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.3, p.687-694, jul./set.1999.

BERTOL, I. et al. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p.155-163, jan./fev. 2004.

BODDEY, R.M. et al. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture. **Global Change Biology**, Malden, v.16, n.2, p.784-795, 2010.

CARVALHO J.L.N. et al. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.2, p.277-289, mar./abr. 2010.

CIOTTA, M.N. et al. Acidificação de Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.26, n.4, p.1055-1064, jul./ago. 2002.

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: CQFS/SBSC/NRS, 2004. 400p.

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**, Viçosa, v.23, n.2, p.425-432, abr./jun. 1999.

DE MARIA, I.C. et al. 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, jul. 1999.

FLORES, C.A. et al. Recuperação da qualidade estrutural, pelo sistema plantio direto, de um Argissolo Vermelho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.8, p.2.164-2.172, ago. 2008.

JANTALIA, C. P. et al. Fluxes of nitrous oxide from soil under different crop rotations and tillage systems in the South of Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Elsevier, v. 82, n. 2, p. 161-173, abr. 2008.

MATOWO, P.R. et al. Soil chemical properties as influenced by tillage and nitrogen source, placement, and rates after 10 years of continuous sorghum. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam v. 50, n.1, p.11-19, fev. 1999.

- SANTI, A. et al. **Potencial de seqüestro de carbono pela agricultura brasileira e a mitigação do efeito estufa.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 8p. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 78).
- SANTOS, H.P. dos. et al. A importância dos cereais de inverno para os sistemas agrícolas. In: SANTOS, H.P. dos et al. (Eds.). **Sistemas de produção para cereais de inverno sob plantio direto no Sul do Brasil.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2010. Cap.1., p.9-41.
- SANTOS, H.P. dos et al. Efeito de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP) sobre a fertilidade do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringa, v.31, n.4, p.719-727, out./dez. 2009.
- SANTOS, H.P. dos. et al. Fertilidade e teor de matéria orgânica do solo em sistemas de produção com integração lavoura e pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.3, p.474-482, jul./set. 2011.
- SANTOS, H.P. dos; 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, fev. 1999.
- SANTOS, H.P. dos. et al. 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, jul./set. 1995.
- SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.25, n.2, p.387-394, mar./abr. 2001.
- SIQUEIRA NETO, M. et al. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos de solo no Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringa, v.31, n.4, p.709-717, out./dez. 2009.
- SPERA, S.T. **Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas, em função de manejo de solo e de rotação de culturas.** 2009, 228f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.
- SPERA, S.T. et al. Atributos químicos de Latossolo Vermelho distrófico sob tipos de manejo de solo e rotação de culturas. **Revista Agrarian**, Dourados, v.4, n.14, p.324-334, mar./jun. 2011.
- STEINER, F. et al. Carbono orgânico do solo em sistema plantio direto, submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.3, p.401-408, jul./set. 2011.
- STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul.** 2.ed. rev. e ampl. Porto Alegre: EMATER/RS; 2008. 222 p.
- TEDESCO, M.J. et al. 2. ed. rev. e ampl. **Análise de solos, plantas e outros materiais.** Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5.)
- VIEIRA, F.C.B. et al. Long-term acidification of a Brazilian Acrisol as affected by no till cropping systems and nitrogen fertilizer. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v.46, n.1, p.17-26, fev. 2008.