

EFEITOS DO MANEJO DO SOLO NAS PERDAS POR EROSIÃO*

Effets of Soil Management on Erosion Losses*

Joseanne Maria Rosarola Dotto**, Afrânio Almir Righes***

RESUMO

O efeito de diferentes sistemas de manejo do solo nas perdas de solo e nutrientes por escoamento superficial foi avaliado durante o período de julho a novembro de 1986, em uma área localizada no Campus da UFSM, RS, Brasil, com 7% de declividade e solo podzólico vermelho-amarelo. A área experimental foi cultivada com aveia preta. Os tratamentos consistiram em: resteva superficial; "mulching" vertical; e preparo convencional. Baseado nos dados obtidos foi possível concluir que: a) as práticas de manejo do solo com resteva superficial e "mulching" vertical reduziram as perdas totais de matéria orgânica no sedimento carreado de 77% e 60% em relação ao preparo convencional, respectivamente; b) a quantia de potássio removido com os sedimentos perdidos foi 1,5; 1,8 e 3,4 vezes maior do que a de fósforo, respectivamente, para os tratamentos "mulching" vertical, resteva superficial e preparo convencional; c) a manutenção da resteva superficial na superfície do solo reduziu 83,5% as perdas totais de solo em relação ao sistema de preparo convencional

UNITERMOS: Perdas de solo e nutrientes, escoamento superficial, sistemas de preparo do solo, "MULCHING" vertical, resteva superficial.

SUMMARY

The influence of different soil management on soil and nutrient losses on runoff have been evaluated during the period from July to November of 1986 from the experimental area of redyellow podzolic soil

* Parte da Dissertação de mestrado do primeiro autor apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Santa Maria, (RS).

** Engenheiro Civil, M.S. em Engenharia Agrícola-Irrigação e Drenagem Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria. 97. 119 - Santa Maria - RS.

*** Professor Adjunto, Ph.D., Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria. 97. 119 - Santa Maria - RS.

located at the University Campus of UFSM, RS, Brasil, with a land slope of 7%. The experimental plots were planted with black oat. The treatments consisted of the: surface mulch; vertical mulching; and conventional tillage. Based on the data obtained was possible to conclude that: a) the percentage of organic matter content in sediment losses to surface mulch and vertical mulching treatments reduced losses by an average of 77% and 60% respectively, relative to the losses under conventional tillage; b) the amounts of potassium removed with the solid losses were 1.5; 1.8 and 3.4 times more than phosphorus losses, respectively of vertical mulching, surface mulch and conventional tillage; c) the protection of soil surface with crop residues had a reduction on total soil losses in surface runoff of 83.5% when compared to the losses under conventional tillage.

KEY WORDS: soil and nutrient losses, runoff, tillage systems, vertical mulching, surface mulch.

INTRODUÇÃO

No Estado do Rio Grande do Sul a erosão híbrida é mais comum, afetando praticamente todos os solos, sendo a causa mais drástica e limitante ao potencial produtivo dos solos destinados à agricultura. Segundo BUCKMAN & BRADY (4), a camada superficial ao solo é gradualmente removida pela erosão laminar, que seletivamente remove, não somente os colóides orgânicos e minerais naturais, como também os nutrientes que tenham sido adicionados artificialmente. As perdas de elementos minerais arrastados ou suspensos no escoamento superficial, segundo VERDADE et alii (14), são proporcionais ao volume de enxurrada e ao peso do material sólido arrastado.

As várias formas de cultivo, embora necessárias para a preparação do solo, para o plantio de culturas, para o controle de ervas daninhas e para regulamentar o ar e a água no solo, têm várias desvantagens. Segundo WÜNSCHE & DENARDIN (17), são nas operações de preparo conduzido de forma inadequada que se originam a maior parte dos problemas de conservação do solo no tocante à erosão e degradação do mesmo. Solos submetidos ao sistema convencional de cultivo mostraram uma redução da capacidade de infiltração, porosidade total, macroporosidade, matéria orgânica e estabilidade dos agregados e agregação, tendo ocorrido concomitantemente aumento de sua densidade, microporosidade e compactação. Com o incremento dos anos de cultivo, segundo MACHADO (7), o solo apresenta mais susceptibilidade à erosão híbrida.

Procurando um método de manejo adequado para utilização agrícola do solo. SARAIVA et alii (10) verificaram que a redução da cobertura morta e aumento do grau de preparo do solo, as perdas por erosão foram aumentadas. SPAIN & McCUNE (12) incorporaram matéria orgânica dentro do canal da técnica de subsolagem objetivando estabilizá-lo e conservá-lo aberto por longo período de tempo. A forma de manejo proposta por SAXTON et alii (11) colocando palha ou resíduos de cultura dentro de canal estreito (5 a 10 cm de largura), contínuo, com 20 a 25 cm de profundidade e espaçados de 122 a 244 cm e 244 a 366 cm favoreceu a infiltração de água no solo e controlou a erosão. NISHIJIMA & RIGHES (9), ao usar o "mulching" vertical na cultura do milho, observaram uma redução no escoamento superficial da água, mostrando-se uma prática promissora para o aumento do fluxo de água para dentro do perfil do solo, considerando-se que este teve o solo preparado pelo sistema convencional.

Este trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes práticas de manejo do solo nas perdas por escoamento superficial.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em solo da unidade de mapeamento São Pedro, classificado como podzólico vermelho-amarelo, localizado em uma área com 7% de declividade, no "Campus" da UFSM/RS durante o período de julho a novembro de 1986. A precipitação média anual da região é de 1650,9 mm. O clima, segundo a classificação de Köppen é tropical úmido sem estiagem. Este local, foi cultivado com aveia preta, e submetido a três diferentes técnicas de manejo, que foram: t_1 - resteva superficial (uma lavração e duas gradagens com posterior colocação de resíduos vegetais sobre a superfície do solo após semeadura na proporção de aproximadamente, 4,0 t/ha); t_2 - "mulching" vertical (solo preparado pelo sistema convencional com incorporação de resíduos de milho, em sulcos de aproximadamente 15 cm de largura e 40 cm de profundidade, abertos transversalmente ao declive e distanciados conforme mostra a Figura 1); t_3 - preparo convencional (mobilização do solo com arado de discos seguidos de duas gradagens como nos demais, porém a superfície foi isenta de cobertura vegetal morta).

O solo foi corrigido e adubado tendo como base a análise do solo e as tabelas de recomendação para adubação de manutenção e de cobertura em forrageiras estabelecidas pela ROLAS (Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo).

As parcelas experimentais, em número de seis, mediam 22 m de com-

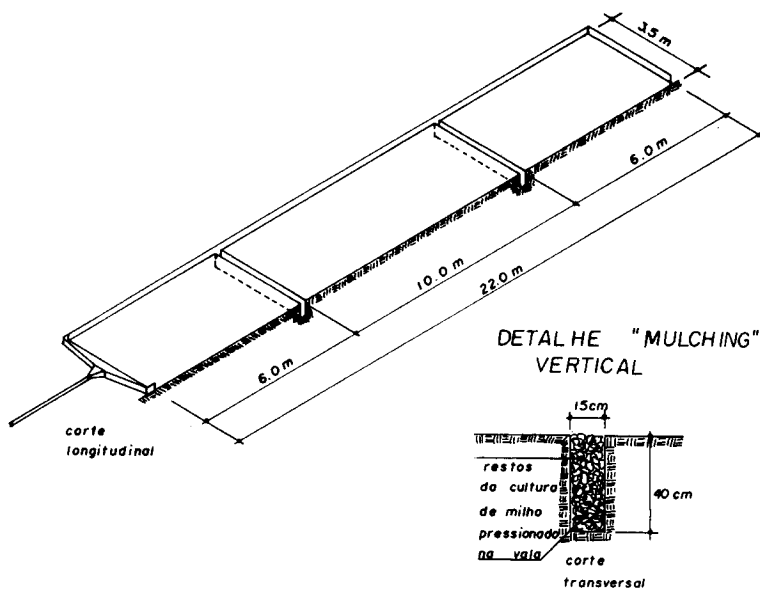


FIGURA 1. Posicionamento do "mulching" vertical na parcela experimental.

primento por 3,5 m de largura. Estas dimensões, citadas por MONDARDO et alii (8), foram utilizadas neste experimento para solo cultivado.

Cada parcela foi delimitada por chapa de metal galvanizado, introduzidas no solo cerca de 10 cm de profundidade. Na parte inferior das parcelas, uma calha coletora de enxurrada recebeu a água escoada que foi conduzida, por meio de um conduto de descarga para os tanques coletores de 1000 litros.

O material erodido e a água escoada foram medidos, amostrados e analisados em laboratório conforme metodologia sugerida por COGO (5). Devido à ocorrência de chuvas de alta intensidade, em algumas ocasiões o equipamento coletor de enxurrada não suportou o grande volume, ocorrendo o transbordamento com perdas de dados.

Como nem sempre foi possível realizar a coleta da enxurrada após cada chuva individual (separada uma da outra por mais de seis horas com até 1mm de precipitação nesse período), ocorreram algumas coletas acumuladas de duas ou mais chuvas erosivas.

A quantidade de chuva precipitada foi fornecida por um pluviômetro instalado na Estação Meteorológica, situada no Campus da UFSM.

Quando o volume de solo da amostra de sedimento grosseiro carreado pela enxurrada e retido no balde no interior do tanque permitiu, foram analisados os nutrientes: fósforo (P_2O_5), pelo Método Carolina do Norte (VETTORI, 15); potássio (K_2O), pelo Método Carolina do Norte (VETTORI, 15); matéria orgânica (M.O.), pelo Método Alternativo de Walkley-Black (ALLISON, 1).

Determinou-se o pH em H_2O pelo Método Potenciométrico (VETTORI, 15).

Não foram feitas determinações químicas de nutrientes na suspensão das amostras de enxurrada, mas somente da parte sólida.

As perdas desses elementos nos sedimentos foram calculados, multiplicando-se a massa dos sedimentos perdidos pela concentração de cada nutriente neles presente e expressos por unidade de área ($kg.ha^{-1}$) para cada chuva.

As perdas totais de nutrientes para todo o período vegetativo da cultura foram determinadas pelo somatório das perdas individuais para cada chuva.

As perdas de matéria orgânica foram calculadas multiplicando-se as porcentagens de M.O. pelo peso de sedimento perdido por unidade de área ($kg.ha^{-1}$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios dos parâmetros escoamento superficial e água infiltrada com a comparação estatística das médias pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$), para o período de julho a novembro, estão apresentados na Tabela 1. Pela comparação das médias, verifica-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos resteva superficial e "mulching" vertical, diferindo entretanto, ambos, do tratamento preparo convencional para as variáveis do escoamento superficial.

Pode-se observar que, neste experimento, o tratamento preparo convencional proporcionou as maiores perdas de fósforo, potássio e matéria orgânica quando comparado com os demais tratamentos. Este efeito pode ser atribuído ao aumento do fluxo de superfície, o que pode ser comprovado analisando-se as perdas totais de água na Tabela 2. Verifica-se, por esta Tabela, que o fluxo de superfície para o tratamento preparo convencional foi de 58,0mm, sendo 30,4% e 36,5% maior, respectivamente, para resteva superficial e "mulching" vertical. De acordo com BERTONI & LOMBARDI NETO (3) o escoamento superficial é considerado

TABELA 1 - Valores médios das perdas de solo e água por escoamento superficial e água infiltrada para o período de julho a novembro de 1986 em função de três manejos de solo Podzólico Vermelho-Amarelo, cultivado com aveia preta.

Manejo do Solo	Escoamento superficial			Água infiltrada (mm)
	Água (mm)	Solo (kg . ha ⁻¹)	Total (mm)	
Resteva superficial	2,16 a*	11,239 a	2,16 a	23,74 a
"Mulching" vertical	1,93 a	21,952 a	1,94 a	23,96 a
Preparo convencional	3,05 b	67,960 b	3,06 b	23,45 a

*Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferenças significativas, segundo teste de Duncan ($P \geq 0,05$).

TABELA 2 - Perdas totais de solo e água por erosão, acumuladas em 19 chuvas amostradas no período de julho a novembro de 1986 sob diferentes manejos do solo Podzólico Vermelho-Amarelo (Unidade de Mapeamento São Pedro) cultivado com aveia preta.

Manejo do Solo	Perdas de solo		Perdas de água*	
	kg . ha ⁻¹	%	mm	%
Resteva superficial	134,86	16	40,3	8,2*
"Mulching" vertical	263,34	32	36,8	7,5*
Preparo convencional	815,54	100	58,0	11,8*

*Perdas de água relativas ao total de chuvas amostradas, acumuladas no período de julho a novembro de 1986 (492 mm).

como o maior agente de transporte das partículas do solo. Para KOHNKE & BERTRAND (6) o escoamento superficial é também um agente de desagregação.

Observando-se as perdas de solo em função dos tratamentos na Figura 2, nota-se que foram diminuindo com o aumento da massa foliar da cultura. A limitada proteção oferecida pela cultura no estágio inicial de desenvolvimento, contribuindo para maiores perdas de solo, agiram, conseqüentemente, a favor de maiores perdas de nutrientes adsorvidos (Tabela 3).

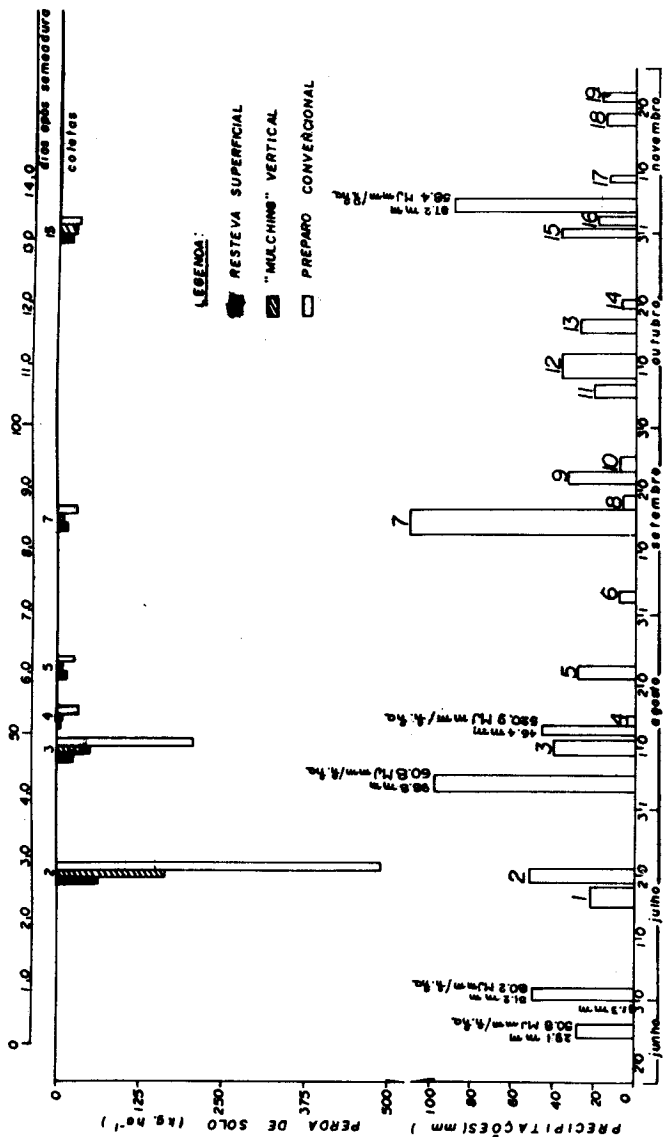


FIGURA 2. Perdas de solo para os três manejos do solo Podzólico Vermelho-Amarelo no período de julho a novembro de 1986.

TABELA 3 - Valores médios das perdas de nutrientes adsorvidos e valores médios do pH das perdas de solo para tres manejos do solo.

Manejo do solo	Coletas Nº		3		5		7	
	P (mm)	I ₃₀ (mm . h ⁻¹)	52,7	40,3	28,8	109,8	23,7	21,2
FÓSFORO - P ₂ O ₅ (kg . ha ⁻¹)								
Resteva superficial "Mulching" vertical	0,0036	0,0003	0,0001	0,0001	0,0003	0,0003	0,0002	0,0007
Preparo convencional	0,0073	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002	0,0003
POTÁSSIO - K ₂ O (kg . ha ⁻¹)								
Resteva superficial "Mulching" vertical	0,0032	0,0019	0,0014	0,0005	0,0005	0,0011	0,0007	0,0010
Preparo convencional	0,0046	0,0014	0,0020	0,0007	0,0007	0,0010	0,0016	0,0018
MATÉRIA ORGÂNICA (kg . ha ⁻¹)								
Resteva superficial "Mulching" vertical	0,52	0,18	0,08	0,08	0,25	0,25	0,09	0,22
Preparo convencional	1,18	0,23	0,16	0,16	0,42	0,42	0,16	0,42
pH EM ÁGUA (1:1)								
Resteva superficial "Mulching" vertical	2,02	1,14	6,3	6,3	5,1	5,1	6,3	5,0
Preparo convencional	5,6	5,8	6,3	6,3	6,1	6,1	6,3	5,0
Preparo convencional	5,5	6,0	6,3	6,3	6,1	6,1	6,3	5,0
Preparo convencional	5,6	6,0	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1

Na Figura 2 pode-se visualizar que o tratamento preparo convencional apresentou maiores perdas, comparando-se com os demais tratamentos ocasionado pela maior desagregação e selamento da superfície do solo da parcela em consequência do impacto das gotas das chuvas ocorridas no período experimental.

As menores perdas de solo ocorreram na área protegida com resteva superficial o qual diminuiu em 83,5% as perdas totais de solo comparada com aquelas ocorridas na parcela com preparo convencional. Isso se deve à proteção que os resíduos de milho deram à superfície do solo, protegendo-a contra o impacto das gotas formando uma barreira ao escoamento superficial da água (Tabela 2). As perdas de fósforo, potássio e matéria orgânica (Tabela 3) também estão relacionadas com os tratamentos de manejo do solo, sendo uma consequência da influência destes manejos na quantidade de sedimentos removidos, os quais levam consigo os nutrientes adsorvidos. VERDADE et alii (14) e SARAIVA et alii (10), afirmam que as perdas de nutrientes são diretamente proporcionais as quantidades de solo arrastado. Pela Tabela 4 pode-se observar que o tratamento preparo convencional proporcionou maiores perdas totais de potássio e matéria orgânica e o "mulching" vertical proporcionou maiores perdas de fósforo. Os tratamentos resteva superficial e "mulching" vertical possuem a particularidade dos resíduos culturais reduzindo a ação dos agentes erosivos, diminuindo, desta forma, a erosão hídrica de maneiradiferenciada. No primeiro, os resíduos colocados na superfície do solo absorvem a energia cinética da gota da chuva do solo. No segundo, a água do escoamento superficial penetra na vala com resíduos levando em suspensão o material sólido e nutrientes adsorvidos. A manutenção da resteva superficial na superfície do solo reduziu 48,2% as perdas de fósforo (P_2O_5) e 67,9% as perdas de potássio (K_2O) em relação ao preparo convencional, para o período de julho a novembro de 1986. Por sua vez, o "mulching" vertical aumentou 15,7% as perdas de fósforo (P_2O_5) e reduziu 47,3% as perdas de potássio (K_2O) em relação ao preparo convencional no mesmo período citado.

As perdas de potássio foram maiores que as de fósforo para os três tratamentos avaliados. Observando-se as perdas totais de fósforo e potássio na Tabela 4, pode-se concluir que ocorreram aproximadamente 1,5; 1,8 e 3,4 vezes mais perdas de potássio do que fósforo, respectivamente, para os tratamentos "mulching" vertical, resteva superficial e preparo convencional. As maiores perdas de potássio em relação ao fósforo podem ser devidas à reabsorção dos íons de potássio que estão

TABELA 4 - Perdas totais de fósforo, potássio e matéria orgânica (M.O.) para as chuvas determinadas no período de julho a novembro de 1986, para três manejos do solo Podzólico Vermelho-Amarelo cultivado com aveia preta.

Manejo do solo	perdas totais		
	P ₂ O ₅	K ₂ O	M.O.
	-----	kg.ha ⁻¹	-----
Resteva superficial	0,0043	0,0076	1,03
"Mulching" vertical	0,0083	0,0125	1,76
Preparo convencional	0,0070	0,0237	4,39

solúveis no escoamento superficial (BARROWS & KILMER, 2), pois, segundo Van RAIJ (13), o potássio pode atingir grandes concentrações na solução do solo. Já o fósforo, segundo o mesmo autor, é um elemento de pequena mobilidade no solo e é bastante susceptível a perdas através da erosão da argila e matéria orgânica em cuja superfície está adsorvido.

As perdas de matéria orgânica foram proporcionais às perdas de solo para os tratamentos "mulching" vertical e preparo convencional concordando com SARAIVA et alii (10), que também avaliaram sistemas de manejo do solo e coberturas vegetais nas perdas por erosão, concluindo que as perdas de matéria orgânica aumentaram com as perdas de solo.

No tratamento resteva superficial não se observou esta proporcionalidade.

Analisando-se a Tabela 4, verifica-se que as perdas totais de matéria orgânica, por erosão, durante o período de julho a novembro de 1986, praticamente não se diferiram para as práticas de manejo com resteva superficial e "mulching" vertical, variando de 1,03 a 1,76 kg.ha⁻¹. Entretanto, quando compara-se as perdas em relação ao preparo convencional, constata-se que as perdas totais de matéria orgânica atingiram 4,39 kg.ha⁻¹. Isto significa que a prática de manejo do solo com "mulching" vertical reduziu as perdas totais de matéria orgânica em 60% em relação ao preparo convencional e o manejo com resteva superficial reduziu as perdas totais de matéria orgânica em 77% em relação ao preparo convencional.

Pode-se observar pela Tabela 3 que houve pequena diferença nos valores de pH entre os tratamentos, entretanto, observa-se uma tendên-

cia de aumento do mesmo com a diminuição das perdas de solo (Figura 2) no período vegetativo e de transição da cultura da aveia (coletas nº 2, 3 e 5). Essa mesma tendência de aumento do pH foi encontrada por VIEIRA et alii (16) para os períodos de crescimento e florescimento da cultura da soja.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLISON, L.E. Organic carbon. In: BLACK, C.A. *Methods of soil Analysis*. Madison, Amer. Soc. Agronomy, 1965. V. 2, cap. 09, p. 1372-6.
2. BARROWS, H.L. & KILMER, V.J. Plant nutrient losses from soil by water erosion. In: NORMAN, A.G. *Advances in Agronomy*, New York, Academic Press, 15:303-16, 1963.
3. BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. Piracicaba, Livroceres, 1985. 392p.
4. BUCKMAN, H.O. & BRADY, N.C. *Natureza e propriedade dos solos* (the nature and properties of soils). Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1967. 594p. Original inglês.
5. COGO, N.P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas por erosão em condições de chuva natural: I- sugestões gerais, medição do volume, amostragem e quantificação de solo e água enxurrada. (1ª aproximação). In: II ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO; Passo Fundo, 24-28 abril, 1978. Anais Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT/SNALCS, 1978. p.75-9.
6. KOHNKE, H. & BERTRAND, A.R. *Soil conservation*. New York, Mc Graw-Hill Book Company, 1959. 298p.
7. MACHADO, J.A. *Efeito dos sistemas de cultivo reduzido e convencional na alteração de algumas propriedades físicas e químicas do solo*. Santa Maria, UFSM, 1976. 129p. (Tese de habilitação à livre-docência).
8. MONDARDO, A.; FARIAS, G.S. de; CASTRO FILHO, C. de; VIEIRA, M.J.; HENKLAIN, J.C. & RUFINO, R.L. Metodologia e procedimentos para condições de chuva natural, no Paraná, In: II ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, Passo Fundo, 24-28 abril, 1978. Anais... Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT/SNLCS, 1978. p.67-71.
9. NISHIJIMA, T. & RIGHES, A.A. Escoamento superficial da água em cinco sistemas de manejo do solo com cultura de milho. *Rev. Centro de Ciências Rurais*, Santa Maria, 17 (3): 223-33, 1987.
10. SARAIVA, O.F.; COGO, N.; MIELNICZUK, V. Perdas por erosão sob precipitação natural em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais. I. solo da unidade de mapeamento São Jerônimo - segunda etapa experimental. In: II ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, Passo Fundo, 24-28 abril 1978. Anais... Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT/SNLCS, 1978. p. 247.
11. SAXTON, K.E.; MCCOOL, D.K & PAPENDICK, R.I. Slot mulch for runoff and erosion control. *Journal of Soil and Water Conservation*, ANKENY, 36 (1): 44-7, 1981.
12. SPAIN, J.M. & McCUNE, D.L. Something new in subsoiling. *Agronomy Journal*, Washington, 48 (4): 192-3, 1965.

13. VAN RAIJ, B. *Avaliação da fertilidade do solo*. 2. ed. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato - Instituto Internacional da Potassa, 1983. 142p.
14. VERDADE, F.C.; GROHMANN, F. & MARQUES, J.Q.A. Perdas de elementos nutritivos pela erosão. I- Nitrogênio e suas relações com as quantidades existentes no solo e na água da chuva. *Bragantia*. Campinas, 15(27): 99-106, 1956.
15. VETTORI, L. *Métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 24p. (boletim técnico).
16. VIEIRA, M.J.; COGO, N.P. & CASSOL, E.A. Perdas por erosão, em diferentes sistemas de preparo do solo, para a cultura do soja em condições de chuva simulada. *R. BRAS. SOLO*, Campinas, 2 (3):209-14, 1978.
17. WÜNSCHE, W.A. & DENARDIN, J.A. Conservação e manejo dos solos do Planalto Rio-Grandense. In: II SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DE SOLOS DO PLANALTO, Passo Fundo, 30 jun. - 04 jul. 1980. Anais... Passo Fundo, Universidade de Passo Fundo, 1980. p. 42-59.