

Recursos naturais

SPD controla perdas de terra, água e nutrientes

Sonia Carmela Falci Dechen e Isabella Clerici De Maria*

As perdas de terra, água e nutrientes – algumas das consequências da erosão ou da falta de conservação do solo – podem ser medidas ou estimadas de forma direta ou indireta. No estado de São Paulo, as pesquisas sobre conservação do solo, de forma definida e sistemática, iniciaram-se em 1943, com a criação da Seção de Conservação do Solo no Instituto Agronômico e a instalação de parcelas com sistemas coletores, para medir perdas por erosão em quatro condições edafoclimáticas. O sistema tem funcionado de forma ininterrupta, em mais de 60 anos de utilização. Cada solo tem diferentes magnitudes de risco de erosão, a qual se torna um problema sério quando

Cobertura do solo atenua o impacto da gota de chuva e controla o escoamento superficial de água

SONIA CARMELA FALCI DECHEN



um solo é usado para um fim que não é capaz de suportar, constituindo-se em ameaça à sustentabilidade da agricultura e sendo responsável pela perda ou pela diminuição do potencial produtivo do solo. De forma geral, pode-se dizer que o risco de erosão decresce da seguinte maneira: solo descoberto > solo arado, com culturas anuais > áreas com culturas perenes > áreas cobertas com grama (pastagens) > matas.

O Sistema de Plantio Direto (SPD) interfere decisivamente no controle do processo erosivo pela erosão hídrica, atenuando o efeito do impacto da gota de chuva sobre o solo e dificultando o escoamento superficial, devido à palha na superfície. O SPD controla a erosão porque mantém a superfície do solo coberta com palha (cobertura morta), não mobiliza a superfície do solo, reduz o impacto da chuva e o selamento superficial e aumenta a infiltração da água. São dos tempos da instalação da Seção de Conservação do Solo os primeiros trabalhos que reportam o efeito da manutenção da palha na superfície, como forma ou prática de controle da erosão. Naquela época, os plantios eram manuais, assim como o controle das plantas invasoras. A principal preocupação dos pesquisadores era mostrar a importância de não queimar a palha, mas acabaram demonstrando

a eficiência da manutenção da palha na superfície, reduzindo em mais de 70% as perdas de água e de matéria orgânica por erosão e praticamente eliminando as perdas de terra (Tabela 1).

Os primeiros trabalhos com SPD, como são conhecidos hoje, também tinham como preocupação o controle da erosão. Dois ensaios, um em Campinas e outro em Pindorama, ambos municípios do estado de São Paulo, foram iniciados, em 1973, comparando sistemas de preparo do solo. Entre eles, constava o SPD, com uma semeadora-adubadora adaptada e uso de herbicidas (Benatti Jr. et al., 1977). Desde então, vêm sendo conduzidos trabalhos visando a avaliar o SPD como prática de controle de erosão. Com base nesses dados de perda de terra, em diferentes sistemas de manejo do solo, definiu-se a Tabela de espaçamento de terraços (Lombardi et al., 1991), utilizada atualmente no estado de São Paulo. Essa Tabela recomenda maiores distâncias entre terraços caso o manejo utilizado reduza a erosão, como é o caso do SPD. Dados obtidos em diversas localidades do país em ensaios comparativos de perdas por erosão entre sistemas de manejo indicam que as perdas de terra podem variar entre 0,5 e 5,0 t/ha/ano no SPD (De Maria, 1999). Os valores, sem dúvida, variam em função do solo, das culturas, do relevo e do clima.



Solo protegido por cobertura vegetal

Em média, o SPD reduz em 75% as perdas de terra em comparação com os sistemas convencionais. As perdas de água, que vão formar as enxurradas, também são reduzidas nesse sistema. Embora, em algumas situações, tenham sido verificadas perdas iguais ou maiores no SPD em relação aos sistemas convencionais, as perdas de água são reduzidas, em média, em 20%. Como as perdas de nutrientes e de matéria orgânica são, em geral, proporcionais às perdas de terra e de água, o SPD oferece menos perda de nutrientes e matéria orgânica. Em Campinas (Figura 1), em Latossolo Vermelho, Castro et al. (1993) demonstraram a eficiência do

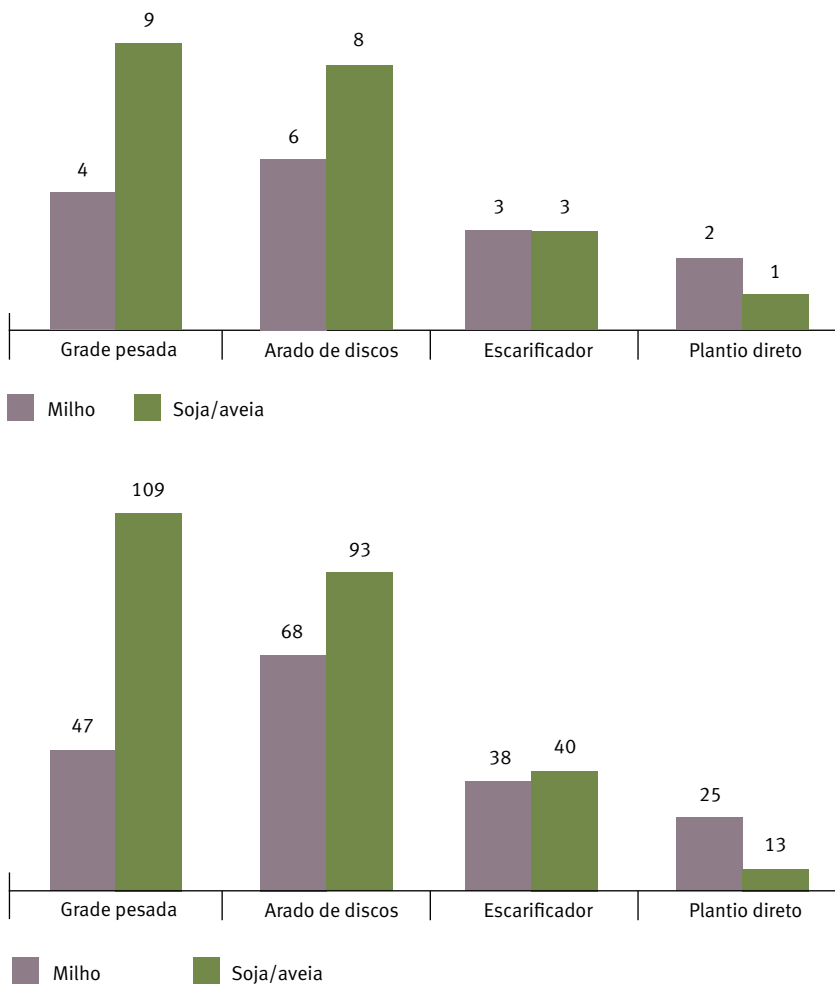
TABELA 1 | PERDAS DE TERRA, DE ÁGUA E DE MATÉRIA ORGÂNICA POR EROSÃO EM DOIS TIPOS DE SOLO E EM DIFERENTES MANEJOS DOS RESTOS CULTURAIS NO ESTADO DE SÃO PAULO

Manejo do resíduo das culturas	Perdas por hectare			Taxa de erosão da matéria orgânica*
	Terra, t	Água, m ³	Matéria orgânica, kg	
Latossolo Vermelho (Latossolo Roxo)				
Milho, restos queimados	6,9	670	158	0,7
Milho, restos incorporados	3,9	345	107	1,0
Milho, plantio direto	0	96	0	—
Soja, restos queimados	29,1	699	666	0,83
Soja, restos incorporados	13,7	484	398	1,0
Soja, plantio direto	0	33	0	—
Argissolo (Podzólico Vermelho-Amarelo)				
Algodão, restos queimados	21,8	880	780	2,1

* material arrastado/material original

Fonte: Bertoni et al., 1972

FIGURA 1 | PERDAS DE TERRA (A), EM T/HA, E DE ÁGUA (B), EM MM, EM LATOSSOLO VERMELHO*



*Combinando tipos de preparo de solo e sistemas de culturas

Fonte: Castro et al., 1993

SPD no controle das perdas de terra pela cultura do milho: 2 vezes em relação ao escarificador; 2,5 vezes em relação à grade pesada; 3,7 vezes em relação ao arado de discos. Esse controle foi ainda mais eficiente quando se tratou da cultura de soja no verão, sucedida por aveia no outono-inverno. Já o controle das perdas de água pelo SPD, embora também eficiente, foi em menor proporção que o controle das perdas de terra.

Tanto as perdas de terra quanto as de água no sistema soja/aveia preta, em SPD, foram apenas 12% daquelas apresentadas pelo sistema que usou grade pesada. Já com a cultura do milho, em SPD, as per-

das de terra foram controladas em 73%, tomando-se o sistema com uso de arado de discos como testemunha. As perdas de água, em SPD, representaram 53% das perdas com uso de grade pesada. Dados apresentados por Lombardi et al. (1988) mostraram que a presença sobre a superfície do solo de 2 t ha⁻¹ de resíduos de milho reduziu em 50% as perdas de terra e em 40% as de água em relação ao tratamento solo descoberto. Quando a quantidade de resíduos aumentou para 8 t ha⁻¹, verificou-se redução de 90% nas perdas de terra e de 80% nas de água.

Comparando-se os dados da Figura 1 e da Tabela 2, constatam-se as diferenças

de magnitude das perdas por erosão em solos paulistas e gaúchos. De acordo com a Tabela 2, quanto mais se prepara o solo para o plantio, maiores são as perdas, tanto as de terra como as de água. Pastagem nativa e trigo/milho, sob SPD, são os manejos que conduzem às menores perdas de terra. Os dados da Tabela 3 mostram que todos os manejos propostos foram eficientes no controle das perdas de terra, significando mais de 99% de controle. A exceção ficou por conta do manejo pousio-milho que, apesar das baixas perdas de terra (0,63 t ha⁻¹), acarretou as maiores perdas de água, equivalendo a 16,8% da chuva. No início, as pesquisas das perdas por erosão visaram à determinação do quanto se perdia em terra e água. Numa segunda fase, visaram às perdas de nutrientes pela erosão, tendo em mente a seletividade da enxurrada e as taxas de enriquecimento do sedimento.

No SPD, as perdas de nutrientes e de matéria orgânica são menores, pois são, em geral, proporcionais às de terra e água. Os valores variam em função do solo, das culturas, do relevo e do clima. Castro et al. (1986) mostraram que, em termos de qualidade do solo e da água, junto com a terra e a água da enxurrada, em um Latossolo Vermelho perdem-se, anualmente, 939 mil toneladas de sulfato de amônio, 478 mil toneladas de superfosfato simples, 987 mil toneladas de cloreto de potássio, 2.191 mil toneladas de calcário dolomítico e US\$ 447 milhões em fertilizantes e corretivos. Não é de hoje que o assunto preocupa produtores e pesquisadores. Já na década de 1950, Grohmann e Catani (1949), Grohmann et al. (1956) e Verdade et al. (1956) relataram que: a) a concentração de nutrientes no material erodido não foi influenciada pelos tratamentos que pesquisaram; b) ocorreu ação seletiva da enxurrada, que transportou, principalmente e em maior proporção, o material mais fino do solo (mais ativo); c) as perdas de nutrientes foram proporcionais à quantidade de solo arrastado e ao volume de enxurrada; d) as maiores perdas ocorreram no sedimento e não na enxurrada.

TABELA 2 | PERDAS DE TERRA E ÁGUA EM SOLO LATERÍTICO BRUNO AVERMELHADO DISTRÓFICO, RS*

Manejo em Laterítico Bruno Avermelhado distrófico	Perda de terra		Perda de água	
	t/ha.ano	%	mm	%
Solo descoberto	229,95	100	1.239	20
Trigo/soja preparo convencional	25,97	11	399	6
Trigo/soja preparo mínimo	11,81	5	175	3
Trigo/soja SPD	9,03	4	224	4
Trigo/milho preparo convencional	23,15	10	316	6
Trigo/milho SPD	3,25	1	118	2
Pastagem trevo-trigo-soja convencional	7,14	3	142	2
Pastagem nativa	0,24	0,1	202	3

*Sob manejos distintos

Fonte: Eltz et al., 1984

No trabalho de Monke et al. (1977), revelou que o tamanho das partículas carregadas pela erosão cresceu com o aumento da declividade e diminuiu com o aumento da cobertura do solo, justificando a adoção do SPD e a diminuição do comprimento do declive. Castro et al. (1986) relataram que: não houve relação entre a concentração dos elementos e sua quantidade; o solo transportado pela erosão apresentou teores relativamente constantes de nutrientes, independentemente da quantidade perdida; a maior perda de nutrientes ocorreu pela enxurrada e não pelo sedimento. Os dados da Tabela 4 ilustram algumas dessas afirmações. Dentre as conclusões do trabalho de Bertol et al. (2004) destacam-se as seguintes conclusões.

- As concentrações de fósforo (P) e potássio (K) foram maiores nos sistemas de manejo de solo conservacionistas do que nos convencionais, tanto na água quanto nos sedimentos da enxurrada, sendo, ainda, substancialmente maiores nos sedimentos que na água da enxurrada.
- As perdas totais de K foram maiores na água do que nos sedimentos da enxurrada, com exceção do manejo solo sem cultivo por nove anos. Com relação às perdas de P, apenas nos manejos em SPD, por seis anos e por nove anos, elas foram maiores na água do que nos sedimentos.

contém totais significativos de nutrientes, o maior impacto vem dos nutrientes adsorvidos aos sedimentos. Perdas totais de nitrogênio (N), avaliadas pela remoção do carbono orgânico (ou matéria orgânica) são, portanto, potencialmente grandes – se bem que isso possa não ter, necessariamente, impacto imediato sobre o crescimento da planta, porque o total desse nitrogênio está em uso, embora a diminuição de longo termo da importante reserva de nutrientes na matéria orgânica possa ser extremamente séria. O estudo constatou também que os níveis distintamente diferentes de perdas de nutrientes na enxurrada e no sedimento não têm, para a maioria dos nutrientes, impacto claro no solo *in situ*.

- No caso da água da enxurrada, as perdas totais de P foram maiores nos manejos em SPD, por seis anos e por nove anos, enquanto as perdas de K variaram com os preparos conservacionistas e convencionais, sem apresentarem uma tendência clara.
- No caso dos sedimentos da enxurrada, as perdas totais de K foram menores nos preparos conservacionistas, mas as de P foram menores apenas nos manejos em SPD, por seis e nove anos.

Utilizando dados de experimento que objetivaram correlacionar a erosão do solo a sua produtividade, conduzido pela Seção de Conservação do Solo do Instituto Agrônomo durante sete anos (Figuras 2 e 3), Tengberg et al. (1997) concluíram que os resultados das perdas de nutrientes no sedimento e na enxurrada confirmam a observação de que, enquanto a enxurrada

Isso indica que as perdas de nutrientes podem estar provavelmente associadas a processos outros que não o impacto direto da perda de solo no conteúdo de nutrientes, por exemplo, um declínio da atividade microbológica nos solos erodidos. É necessário ter cautela em atribuir o impacto direto à erosão; por exemplo, no presente caso, somente o decréscimo em carbono orgânico e o aumento na acidez do solo parecem estar relacionados com a erosão. A tendência de declínio, ao longo do tempo, para os outros nutrientes pode ser causada por lixiviação natural e mineralização, que pode ser significativa em ambientes subtropicais. Os sistemas de manejo acarretam mudanças também na matéria orgânica do solo (Tabela 5), como relatado por De Maria et al. (1999). Nesse experimento, os autores concluíram que, no SPD, não houve alteração do conteúdo

TABELA 3 | PERDAS DE TERRA E ÁGUA POR EROÇÃO, EM SPD

Manejo das culturas	Perdas de terra		Perdas de água	
	t ha ⁻¹	%	mm	% de 1723 mm
Solo descoberto	220,14	100	519,4	30,1
Aveia + ervilhaca/milho	0,85	0,4	25,7	1,5
Tremoço/milho	1,20	0,5	47,7	2,8
Pousio/milho	0,63	4,4	289,6	16,8
Milho + mucuna	1,42	0,6	28,3	1,6
Milho + feijão de porco	1,36	0,6	26,6	1,5

Fonte: Seganfredo et al., 1997

de matéria orgânica com a profundidade, enquanto no sistema de preparo convencional (arações e gradagens) as mudanças ocorreram até a profundidade de preparo do solo (0,20 m) e, no sistema de preparo com o escarificador, as alterações ocorreram até a profundidade de 0,10 m.

Alguns autores, trabalhando com sistemas conservacionistas, têm evidenciado que, apesar da redução de perdas de sedimentos no SPD, os teores de nutrientes nesses sistemas podem ser considerados expressivos. Schick et al. (2000), em experimento conduzido sobre Cambissolo Húmico Aluminico Argiloso, constataram que as perdas de nutrientes no sedimento da erosão foram, em geral, maiores no sistema conservacionista. No caso do K e P os teores foram, respectivamente 1,6 e 4,5 vezes maiores, em comparação ao sistema com aração + gradagem. Para o K, os teores na suspensão da erosão foram três



Plantio em solo coberto

vezes maiores nos sistemas de preparo conservacionistas. Considerando a perda total ocorrida no período experimental (5 anos), o SPD perdeu cerca de 38% e 108% do P e K, respectivamente, necessários para a cultura da soja em um ciclo.

Em resumo, a erosão é um processo seletivo, que remove as partículas mais finas do solo, enriquecidas com nutrientes. As maiores perdas de nutrientes ocorrem com os sedimentos arrastados pela erosão, que afeta as propriedades químicas do solo,

TABELA 4 | PERDAS DE P E K NA ÁGUA E DE P EXTRAÍVEL E K TROCÁVEL NOS SEDIMENTOS DE ENXURRADA; LAJES, SC*

Perdas	Semeadura direta por 6 anos		Semeadura direta por 9 anos		Escarificador + gradagem por 9 anos		Aração + gradagem por 9 anos		Solo sem cultivo por 9 anos	
	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K
Perdas										
No sedimento, g ha ⁻¹	65	233	50	224	175	549	141	1155	4342	12303
Na água da enxurrada, g ha ⁻¹	119	6775	440	13826	68	10995	46	15647	112	8430
Concentração										
Na água da enxurrada, mg L ⁻¹	0,49	8,78	0,92	10,87	0,40	8,56	0,11	5,90	0,11	2,78
No sedimento da enxurrada, mg dm ⁻³	102	556	151	429	160	320	22	167	29	154


*Em diferentes sistemas de manejo de um Cambissolo Húmico Aluminico Léptico

Fonte: Bertol, I. et al., 2004

TABELA 5 | MUDANÇAS NA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM FUNÇÃO DE SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO EM UM LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRRICO

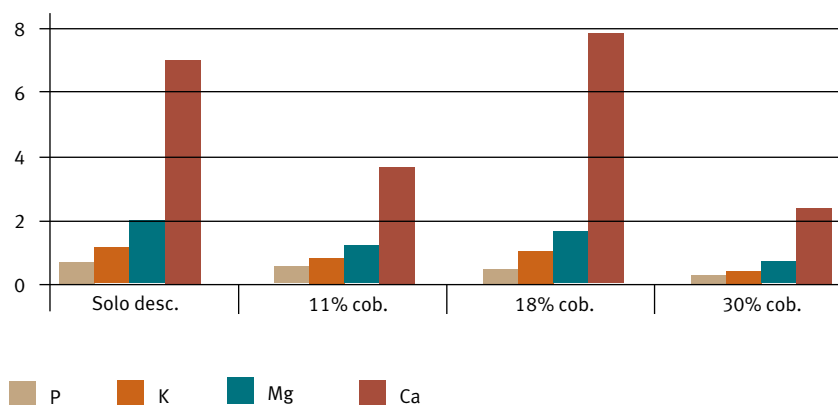
Profundidade (m)	Matéria orgânica, g kg ⁻¹		
	Plantio Direto	Escarificador	Convencional
0-0,05	35,1 a	28,6 b	27,8 b
0,05-0,10	30,0 a	27,2 b	26,7 b
0,10-0,20	25,7 a	24,8 a	23,4 b
0,20-0,30	21,8 a	21,1 a	22,6 a

Letras iguais nas colunas não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5%

principalmente pela perda de matéria orgânica e de nutrientes. Para minimizar esses efeitos, as práticas conservacionistas constituem estratégias que contribuem de maneira positiva e significativa. 

*Sonia Carmela Falci Dechen é pesquisadora do Instituto Agrônomo de Campinas, Centro de Solos e Recursos Ambientais (dechen@iac.sp.gov.br) e Isabella Clerici De Maria é pesquisadora do Instituto Agrônomo de Campinas, Centro de Solos e Recursos Ambientais, Conservação do Solo (iedmaria@iac.sp.gov.br).

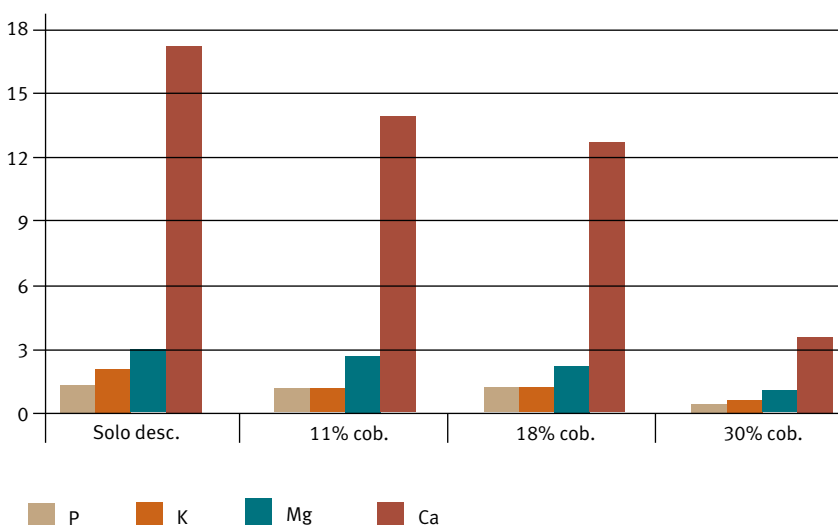
FIGURA 2 | PERDAS ANUAIS DE NUTRIENTES (T/HA), PELA ENXURRADA*



*Média de 5 anos, em experimento de 7 anos de erosão, em Latossolo Vermelho

Fonte: Tengberg et al., 1997

FIGURA 3 | PERDAS DE NUTRIENTES NO SEDIMENTO (KG/HA)*



*Em 1989/90, em Latossolo Vermelho, sob quatro níveis de erosão

Fonte: Tengberg et al., 1997

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENATTI JÚNIOR, R.; BERTONI, J.; MOREIRA, C. A. Perdas por erosão em plantio direto e convencional de milho em dois solos de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, n. 1, v. 2/3, p. 121-123, 1977.

BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; CASSOL, P. C.; AMARAL, A. J.; BARBOSA, F. T. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um Inceptisol sob chuva natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, n. 28, v. 3, p. 485-494, 2004.

BERTONI, J.; PASTANA, F. I.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JÚNIOR, R. *Conclusões gerais das*

pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agronômico. Campinas: Instituto Agronômico, 1972. (Circular 20.)

CASTRO, O. M.; LOMBARDI NETO, F.; QUAGGIO, J. A.; DE MARIA, I. C.; VIEIRA, S. R.; DECHEN, S. C. F. Perdas por erosão de nutrientes vegetais na sucessão soja/trigo em diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 10, n. 3, p. 293-297, 1986.

DE MARIA, I. C. Erosão e terraços em plantio direto. *Boletim Informativo – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 17-22, 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 and Tillage Research*, Amsterdam, v. 51, n. 1/2, p. 69-77, 1999.

ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; SCOPEL, I.; GUERRA, M. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico (São Jerônimo) sob chuva natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 8, n. 1, p. 117-125, 1984.

GROHMANN, F.; CATANI, R. A. O empobrecimento do solo causado pela erosão e pela cultura algodoeira no solo do Arenito Bauru. *Bragantia*, Campinas, v. 9, p. 125-132, 1949.

GROHMANN, F.; VERDADE, F. C.; MARQUES, J. Q. A. Perdas de elementos nutritivos pela erosão: II. Elementos minerais e carbono. *Bragantia*, Campinas, v. 15, p. 361-371, 1956.

LOMBARDI NETO, F.; DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; DECHEN, S. C. F.; VIERA, S. R. Efeito da quantidade de resíduos culturais de milho nas perdas de solo e água. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 12, p. 71-75, 1988.

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J. B. de; BERTOLINI, D.; GALETI, P. A.; DRUGOWICH, M. I. *Terraceamento agrícola*. Campinas: Coordenadoria da Assistência Técnica Integral, 1991. (Boletim técnico 206.)

MONKE, E. J.; MARELLI, H. J.; MEYER, L. D.; DEJONG, J. F. Runoff, erosion and nutrient movement from interrill areas. *Transactions of the ASAE*, Saint Joseph, v. 20, n. 1, p. 58-61, 1977.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BALBINOT Jr., A. A.; BATISTELA, O. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico Aluminico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: II. Perdas de nutrientes e carbono orgânico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, n. 24, p. 437-447, 2000.

SEGANFREDO, M. L.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 21, p. 287-291, 1997.

TENGBERG, A.; STOCKING, M. A.; DECHEN, S. C. F. The impact of erosion on soil productivity – an experimental design applied in São Paulo State, Brazil. *Geographica Annaler*, Estocolmo, v. 79, p. 95-107, 1997.

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, v. 15, p. 99-106, 1956.